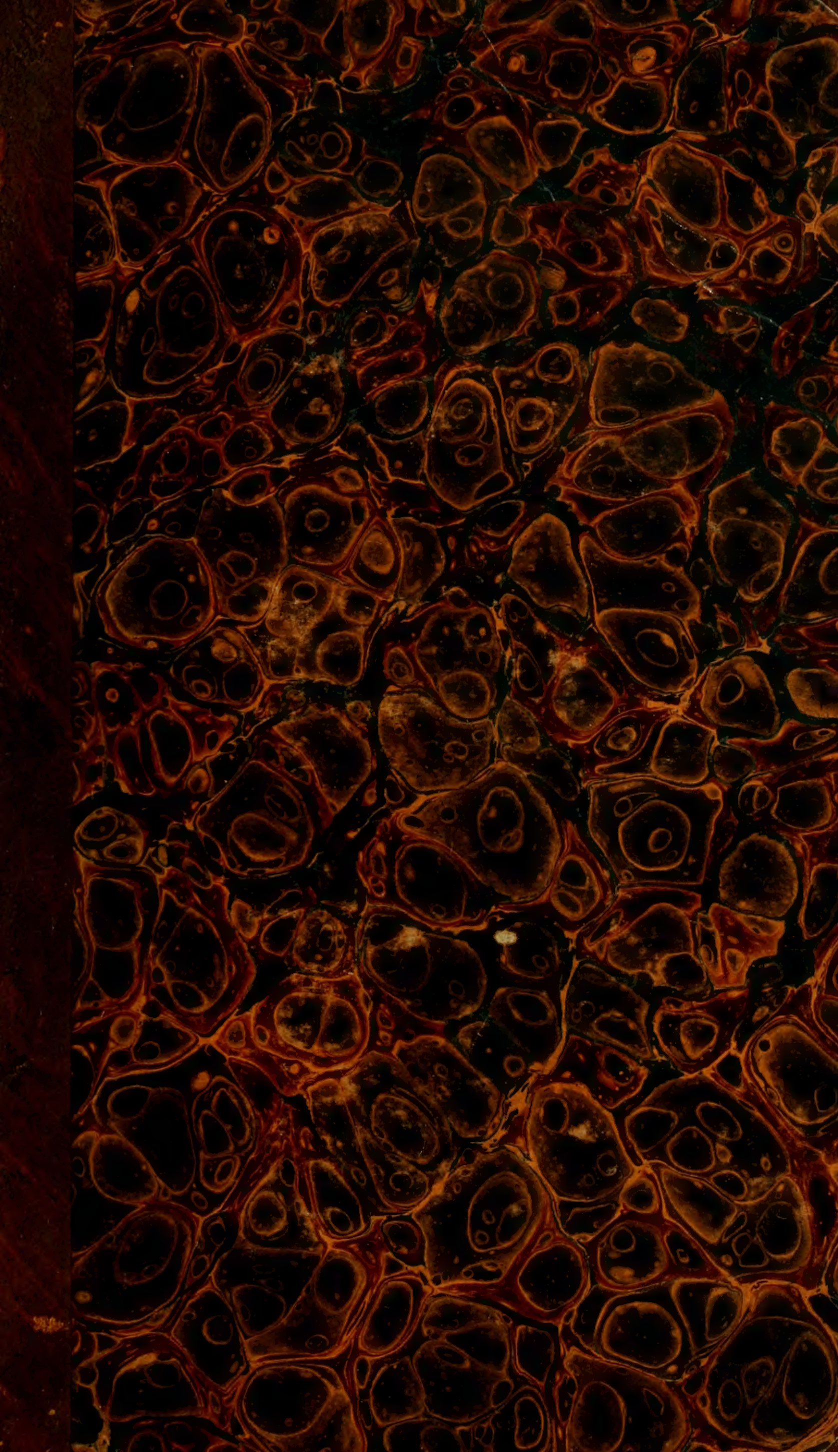
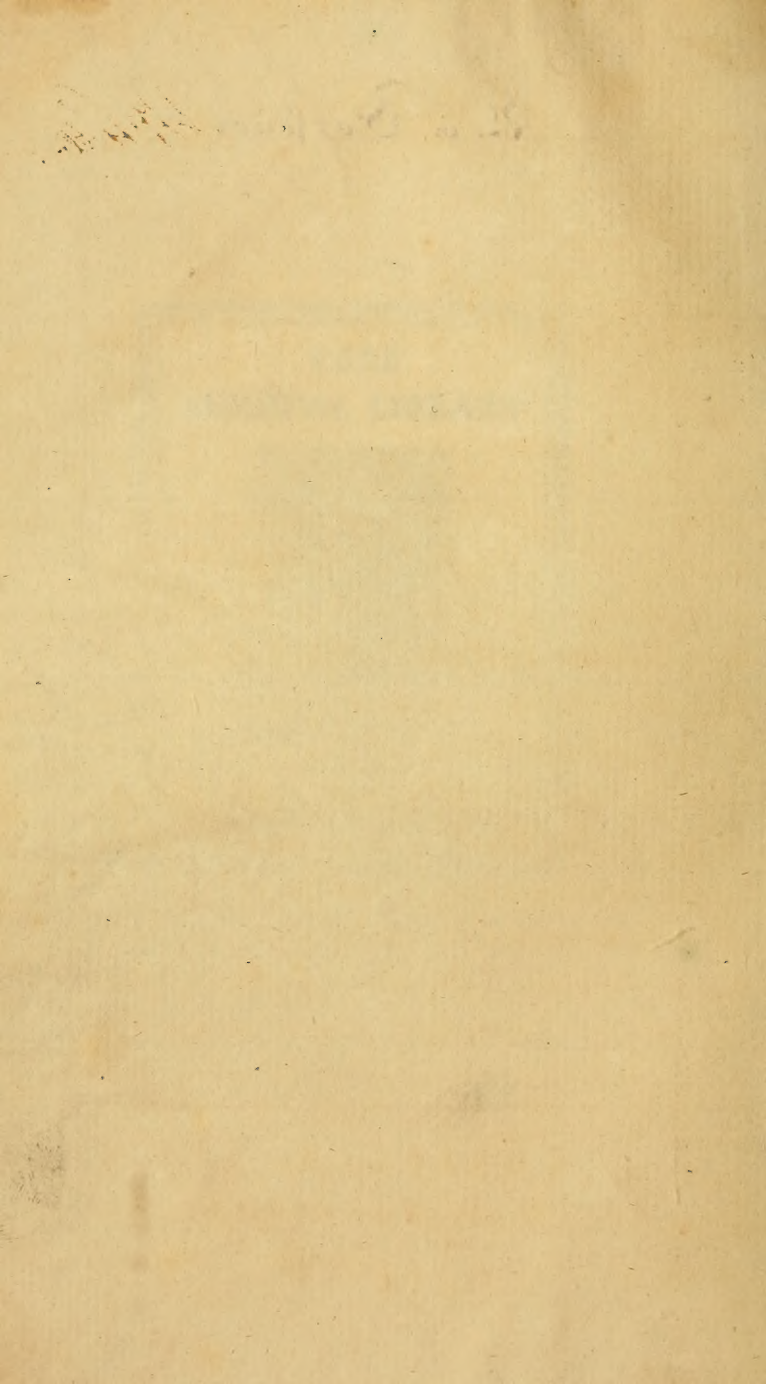


A. v. Forstner



Geschichte

der

Mathematik

seit der ältesten bis auf die neueste Zeit

von

Johann Heinrich Moritz Poppe.

Tübingen,
bei C. F. Osiander.

1828.

Vorrede.

Ich wage es, mit einer Geschichte der Mathematik hervorzutreten, welche den Mathematikern, hauptsächlich den Anfängern und Liebhabern der Größenlehre, in bündiger Kürze und in zusammenhängender chronologischer Ordnung eine möglichst vollständige, nicht durch gelehrte Citate unterbrochene Uebersicht über alle mathematische Erfindungen und Entdeckungen, von der ältesten bis auf die neueste Zeit, geben soll. Ich darf wohl behaupten, daß ein ähnliches Werk, welches ich eigentlich als Handbuch der Geschichte der reinen und angewandten Mathematik betrachten möchte, in unserer deutschen Litteratur noch nicht vorhanden ist. Was Reinmann in seiner Historia literaria vom Jahr 1709, und Heilbronner in seiner Historia matheseos vom Jahr 1742 von der Geschichte jener Wissenschaft beibringen, ist für unser Zeitalter, wo besonders die angewandte Mathematik einen so großen Zuwachs erlangt hat, zu dürftig. Der Franzose Montücla gab

im Jahr 1758 in zwei starken Quartbänden eine sehr schätzbare Histoire des Mathematiques heraus, ein Werk, wovon einigemal eine deutsche Uebersetzung angekündigt wurde, aber nie eine erschien. Auch abgesehen davon, daß dieses Werk weitläuftig abgefaßt ist, weil sich der Verfasser viel auf Erklärung der mathematischen Gegenstände selbst einließ, und daß es, auch in der mehrere Jahre nachher erschienenen neuen Auflage, die neuesten Erfindungen und Entdeckungen in der Mathematik nicht enthält, so sind darin die Deutschen, denen alle Theile der Größenlehre so viel verdanken, gegen des Verfassers Landsleute im Ganzen offenbar zurückgesetzt worden. Dasselbe kann man auch von der im Jahr 1800 in zwei Bänden erschienenen Histoire des Mathematiques des Bossüt sagen, wovon Reimer im Jahr 1804 eine gute deutsche Uebersetzung besorgte. In diesem Buche sind aber auch die verschiedenen Zweige der Mathematik ziemlich zerstückelt und unter einander gemengt vorgetragen, manche Zweige, wie die mechanischen und optischen Wissenschaften, sehr kurz und unvollständig behandelt worden. Die Geschichte der Mathematik, welche der ehrwürdige Kästner als 80jähriger Greiß in den Jahren 1796 bis 1800 für die Göttingische Geschichte der Künste und Wissenschaften in 4 Bänden ausarbeitete, kann kaum eine Geschichte

genannt werden, sondern blos Materialien zur Geschichte. Das Werk enthält nämlich blos Auszüge aus alten, zum Theil seltenen, mathematischen Büchern, und geht hiermit nur bis gegen das Ende des siebzehnten Jahrhunderts.

Indessen kann man leicht denken, daß ich jene verschiedenen historisch mathematischen Werke, sowie diejenigen über einzelne mathematisch historische Zweige, z. B. Weidlers Historia astronomiae vom Jahr 1741; Bailleys Geschichte der ältern und neuern Sternkunde, 4 Bände (1777—1796.); Priestleys von Klügel übersetzte und verbesserte Geschichte der Optik, 2 Theile (1775), nebst vielen anderen bei der Ausarbeitung des vorliegenden Buchs benutzt habe. Schon als ich noch in Göttingen war, beschäftigte ich mich mit einigen historisch = mathematischen Arbeiten, wie unter andern meine beiden Preisschriften: de usibus circuli et aliarum curvarum in artibus mechanicis et architectura; und: de incrementis et progressibus litterarum mechanicarum seculo duo devigesimo bezeugen, wovon jene im Jahr 1800 von der Universität Göttingen, diese im Jahr 1805 von der fürstl. Jablonowskyschen Societät der Wissenschaften zu Leipzig gekrönt wurde. Manche damals zu=

gleich mit gesammelte und bis jetzt in dem Pulte aufbewahrte Notiz kam mir erst jetzt zu statten.

Die Geschichte der reinen Mathematik macht in vorliegendem Buche die erste, die Geschichte der angewandten Mathematik die zweite Abtheilung aus. Zur angewandten Mathematik habe ich die mechanischen, optischen und astronomischen Wissenschaften gerechnet. Die dritte Abtheilung enthält die vornehmsten Schriften über reine und angewandte Mathematik. Eine vollständige mathematische Litteratur konnte ich in den wenigen Bogen nicht liefern, und brauchte sie auch nicht zu liefern, weil wir schon, auch außer der Litteratur des Ersch, die 3 Bände starke Einleitung zur mathematischen Bücher-Kenntniß von Scheibel (Breßlau 1769—1789), die 5 Bände starke Bibliotheca mathematica von Murhard (Leipzig 1797—1805) und die mathematische Bibliothek von Müller (Nürnberg 1820) besitzen. Was ich gab, betrifft nur die Hauptwerke der mathematischen Litteratur, vornehmlich in Beziehung auf die in meiner Geschichte angeführten Männer. Wenn ich noch dieses oder jenes wichtige Werk ausgelassen und dafür manches minder wichtige eingereihet haben sollte, so verdient dies wohl einige Entschuldigung.

Was meine eignen in die Mathematik einschlagenden, in der dritten Abtheilung natürlich nicht mit aufgeführten Schriften betrifft, so will ich darunter hier, außer obigen lateinischen Preisschriften, nur nennen: das Wörterbuch der Uhrmacherkunst, 2 Bände, Leipz. 1799—1800. 4.; die praktische Abhandlung über die Lehre von der Reibung, Gött. 1801. 8.; die ausführliche Geschichte der Uhrmacherkunst (und der Uhren selbst) Leipz. 1801. 8.; die ausführliche Geschichte aller krummen Linien 2c. Nürnb. 1802. 8.; die Encyclopädie des gesammten Maschinenwesens, 8 Bände, Leipz. 1803—1827. 8. (deren 1ter u. 2ter Band neue Aufl. 1820 u. 1826); die Mechanik des achtzehnten Jahrhunderts und der ersten Jahre des neunzehnten, eine gekrönte Preisschrift, Hannover u. Pyrmont 1808.; das Lehrbuch der reinen und angewandten Mathematik, 2 Bände, Frankf. a. M. 1814 u. 15. 8. (Neue Aufl. 1820.); die Wand-, Stand- u. Taschenuhren, ihr Mechanismus 2c. Frankf. a. M. 1818. (Neue Aufl. 1825.) 8.; das Lehrbuch der Maschinenkunde, Tübingen 1821. 8.; der astronomische Jugendfreund, 4 Theile, Tübingen 1822. 8.; die ganze Lehre vom Sehen, Tübingen, 1823. 8.; die Volks-Größenlehre, Stuttgart 1827. 8.

Für vollkommen kann ich natürlich mein Werk nicht halten. Wie anmaßend wäre dies nicht schon allein

bei dem weiten Felde der mathematischen Disciplinen! Wie leicht können mir da nicht selbst wichtige Gegenstände entgangen seyn! Ich bin aber schon sehr zufrieden, wenn man mein Buch nützlich findet und wenn billig denkende Sachkenner mich auf die Unvollkommenheiten desselben aufmerksam machen.

Tübingen, den 31. März 1828.

D. J. H. M. Poppe,
Hofrath und Professor.

Inhalt.

Seite

Erster Abschnitt.

Zweiter Abschnitt.

Dritter Abschnitt.

Dritte Abtheilung.

Einleitung
in die Geschichte der Mathematik.

§. 1.

Die erhabenste und sicherste aller Wissenschaften ist die **Größenlehre** oder **Mathematik**. Keine andere Wissenschaft zeichnet sich durch hellere Grundsätze, genauere Lehrsätze und schärfere Beweise aus; keine greift auch vielfältiger und nützlicher in das menschliche Leben ein. Daß sie schon bei den Alten sehr viel galt, zeigt ja ihr Name an. Dieser ist griechischen Ursprungs; μαθημα (Mathema) heißt so viel als **Wissenschaft**, soll nämlich den Kern aller Kenntnisse oder die vornehmste der Wissenschaften bedeuten. Die berühmtesten Philosophen des alten Griechenlands sahen sie als die Grundpfeiler oder Hauptstützen der gesammten Weltweisheit an. Als sehr wichtig betrachteten sie auch schon ihren Einfluß auf die Erhöhung der Verstandeskräfte. Unter andern hat dies **Plato** deutlich genug dargethan.

§. 2.

Der Anfang der Mathematik verliert sich in dem tiefsten Dunkel des Alterthums; wir können ihn eben so wenig angeben, als den Ursprung der meisten übrigen Wissenschaften. Als die Menschen in gesellschaftliche Verbinduugen traten, als sie sich Hütten bauten und die Oberfläche der Erde in Felder eintheilten, als ihre verschiedenen Arbeiten zu Haus, auf dem Felde und in den Wäldern, allerley Geräthschaften, Vorrichtungen zum Fortbewegen schwerer Lasten u.

dgl. nothwendig machten; da mußten in ihnen auch schon allerley Begriffe von Größen entstehen und bis zu einem gewissen Grade ausgebildet werden. Diese Größenlehre oder Mathematik war freilich noch eine sehr einfache, natürliche Mathematik, gegründet auf wenigen Kenntnissen, welche die gesunde Vernunft herbeibrachte. Als aber die Menschen ihre Aufmerksamkeit nicht blos den Gegenständen auf der Erde, sondern auch der Pracht des gestirnten Himmels, den vielen herrlichen, über ihren Häuptern in bester Ordnung dahin rollenden leuchtenden Weltkörpern zu widmen anfingen, und die mancherley daraus abfließenden Erscheinungen beobachteten, da mußten sie auch schon weitere Fortschritte in der Mathematik thun. Denn nun konnte es nicht fehlen, daß man von irdischen Gegenständen auf jene himmlischen manche scharfsinnige Schlüsse machte, Schlüsse, woraus man Größen an den Himmelskörpern zu bestimmen suchte, namentlich Größen, welche sich auf ihre Bewegungen bezogen. Freilich verfehlten damals diese Schlüsse die Wahrheit oft gar sehr.

§. 3.

So stand es damals mit der Mathematik der alten Morgenländer, vornehmlich der Chaldäer und Aegyptier. Wie weit ihre Kenntnisse in der Größenlehre gingen, wissen wir nicht. Daß sie aber nur wenig darin vorgerückt waren, möchte wohl schon die unvollkommene Methode der alten Aegyptier beweisen, die Höhe der Pyramiden aus der Länge ihrer Schatten zu messen.

Für uns sind die Lehrer der Mathematik die Griechen, die ihre Kenntnisse von den Morgenländern geerbt hatten. Waren diese Kenntnisse anfangs auch nicht von Bedeutung,

so vermehrten sie sich doch schnell durch eigne Kraft der Griechen; denn bald überholten diese ihre Lehrer und machten in jener Wissenschaft ausnehmende Fortschritte. Sie bereicherten die Größenlehre mit vielen neuen Entdeckungen und bauten diese Wissenschaft zuerst auf feste sichere Grundlagen.

§. 4.

Die größten Philosophen bei den Griechen waren Mathematiker, wie Pythagoras, Plato ꝛc. Nur von Socrates behauptet man das Gegentheil. Indessen, wenn dieser berühmte Weltweise sich auch nicht als Mathematiker gezeigt hat, so verachtete er die Größenlehre doch keineswegs; er setzte sich dem blos spekulativen Strome derselben, und nicht mit Unrecht entgegen.

Thales legte 640 Jahre vor Christi Gebart den Grund zur wahren Geometrie in Griechenland. Er war es, der zuerst die Höhe der Obelisken mittelst des Schattens, die Entfernung zweyer Schiffe von einander u. dgl. maß. Aus Aegypten hatte er seine ersten Kenntnisse geholt. Geometer vor ihm waren Euphorbus und Theodor von Samos; aber weit standen diese noch zurück. Nach Thales war Pythagoras, der 580 Jahre vor Christus lebte, vorzüglich berühmt, namentlich durch seine geometrischen und astronomischen Entdeckungen, die ihm schon allein die Unsterblichkeit bereiteten.

Hipparchus stellte vornehmlich die Astronomie unter den Griechen wieder her. Er bereicherte diese Wissenschaft mit manchen wichtigen Entdeckungen; und wenn auch zwischen diesen Entdeckungen irrige Ansichten und Meinungen mit unterliefen (wie dies damals und in der Folge auch bei andern

großen Männern der Fall war), so wird man doch seinen Namen so lange mit Achtung nennen, als die Welt steht.

§. 5.

Sehr viel auf Mathematik hielt Plato, der Gott selbst einen geometrisirenden Gott, gleichsam den besten Geometer, nannte. Plato, welcher 400 Jahre vor Christi Geburt lebte, sah die Geometrie, nicht mit Unrecht, als den Hauptschlüssel der ganzen Mathematik an. Er war nach Aegypten und nach andern Ländern gereist, um berühmte Mathematiker zu hören. Nach seiner Rückkehr stiftete er in Griechenland die berühmte Schule, welche von ihm ihren Namen erhielt. Durch die Mathematik, besonders durch die Geometrie, legte er den Grund zu seinen übrigen Wissenschaften. So wurde er Erfinder der geometrischen Analysis und vielleicht auch der Kegelschnitte; wenigstens erweiterte er die letztere Lehre auf eine nicht unbedeutende Weise. Und nach seinem Tode wurde die Mathematik im Lyceo noch weiter getrieben.

Vermuthlich unter der Anleitung eines der ersten Nachfolger Plato's wurde Euclides zum Mathematiker gebildet. Dieser unsterbliche Mann, welcher 284 Jahre vor Christi Geburt lebte, ist noch immer so berühmt, daß schon jeder Anfänger in der Größenlehre seinen Namen mit höchster Achtung nennt. Sein Vaterland kennt man nicht; wohl aber weiß man, daß er zu Athen unter den Platonikern studirte.

Euclides war still und bescheiden; er schätzte besonders diejenigen hoch, welche etwas zur Aufnahme der Mathematik beitrugen. Seinem Könige, dem er nicht schmeichelte, belehrte er geradezu, daß es keinen königlichen

Weg zur Erlernung der Mathematik gäbe. Seine Elemente, eine Sammlung der von ihm entdeckten geometrischen und arithmetischen Sätze, verewigen seinen Namen, und werden noch immer als ein mathematisches Musterwerk angesehen. Wie unzählig viele Mal fast in allen Sprachen wurden diese Elemente von Neuem herausgegeben! Wie unzählig viele Mal werden sie noch herausgegeben werden! Wenn auch mehrere geistvolle Männer der neuern Zeit, wie z. B. Lichtenberg, in Hinsicht auf die Wissenschaften der Alten erklärt haben, es gereiche uns nicht zur Ehre, so Vieles nicht besser machen zu können oder besser machen zu wollen, als die Alten es machten, so ist doch, in Beziehung auf Euclids Geometrie, wenig in den Elementen dieser Wissenschaft verändert worden.

§. 6.

Ausgezeichnete Mathematiker, vornehmlich Geometer und Astronomen, bei den Griechen waren noch Anaximander, Anaxagoras, Aristoteles, Perikles, Pherecydes, Archytas, Democrit, Hippocrates, Callippus, Meton, Menechmus, Aristäus, Theophrastus, Eudemus, Philolaus, Empedocles, Dicearchus, Helikon, Eudoxus, Laodamas, Nicomedes, Pytheas, Timocharis, Conon, Aristarchus, Nicoteles, Eratosthenes, Dositheus, Apollonius, Diophant, Archimedes, Ptolemäus, Geminus, Ctesibius, Hero, Sosigenes, Philo, Menelaus, Theon und seine Tochter Hypatia, Pappus, Diocles, Proclus, Isidor, u. a.

So soll Empedocles schon die Centralkräfte gekannt haben; und Philolaus lehrte zuerst deutlich die Be-

wegung der Erde und die Ruhe der Sonne. Auch Aristoteles that dasselbe und versetzte dadurch dem Pythagorischen System einen tödlichen Streich. Archytas löste die Aufgabe von zwei mittlern Proportionallinien auf; er bearbeitete die Lehre von den regulären Körpern und erfand auch viele Maschinen. Hippocrates lehrte, daß die Verdoppelung des Würfels auf der Erfindung zweyer mittlerer Proportionallinien beruhe. Dicearchus maß geometrisch die Höhen der Berge. Democrit erkannte es, daß die Milchstraße aus vielen kleinen Sternen bestehe, u. s. w. Was aber besonders der 212 Jahre vor Christi Geburt ermordete Archimedes in der Geometrie, Mechanik und Optik geleistet hat, wird noch nach Jahrtausenden mit Bewunderung gepriesen werden.

§. 7.

Einer der spätern griechischen Mathematiker, und zwar ein Mathematiker der vorzüglichsten Art war Diophant. Besonders kultivirte er die Rechenkunst; und wenn er auch nicht der Erfinder der Algebra war, wofür man ihn oft ansieht, so hat er doch wenigstens zu dieser Wissenschaft die Bahn gebrochen.

Die Pythagoräer kannten nur die Arithmetik, Geometrie, Musik und Astronomie, als Theile der Mathematik; die Platoniker kannten die Geometrie, Stereometrie, Arithmetik, Musik und Astronomie. Zu den Zeiten des, 340 Jahre vor Christi Geburt lebenden, Aristoteles war schon die Mechanik und Optik hinzugekommen. In letzterer Wissenschaft wurde aber am wenigsten gethan, weil die Physik der Alten nicht viel taugte, mit Ausnahme einiger Kenntnisse, die mit der Geometrie in Verbindung standen.

§. 8.

So wie in der Welt Alles vergänglich ist, so war es, leider! auch mit der Mathematik unter den Griechen. Schon Kriege der verschiedenen griechischen Staaten unter sich zerrütteten Vieles in dem politischen Leben und brachten auch sehr merklich die Wissenschaften zurück. Pappus, Theon und Hypatia, die Tochter des letztern, waren hauptsächlich diejenigen, welche den gänzlichen Fall der Mathematik noch aufhielten. Pappus war, 375 Jahre nach Christi Geburt, fast der letzte griechische Original-Schriftsteller. Seine mathematischen Sammlungen zeugen von herrlichen Einsichten in der Größenlehre, hauptsächlich in der Geometrie. Theon lehrte mit ihm zu gleicher Zeit in Alexandrien. Auch Hypatia lehrte daselbst die Philosophie und Mathematik. Dasselbe gelehrte Frauenzimmer schrieb über den Apollonius und Diophant, verfertigte astronomische Tafeln und brachte noch manche andere mathematische Arbeiten ans Licht, die aber, leider! insgesammt verloren gegangen sind.

Wenn nachher auch ein Diocles, 400 Jahre, Proclus, 500 Jahre, und Isidor, 530 Jahre nach Christi Geburt, sich um die Mathematik noch verdient machten, so nahmen doch die Rückschritte dieser Wissenschaft in Griechenland noch zu, als dieses Land von den Römern durch die Gewalt der Waffen unterjocht wurde. Aber selbst zu dieser Zeit blieb doch immer noch die Oberherrschaft ihres Geistes sichtbar, sowie merkliche Spuren ihrer Meisterschaft in den strengen Wissenschaften zurückblieben.

§. 9.

Die Römer brachten es in der Mathematik nie über das

Mittelmäßige. Gewissermaßen waren die römischen Mathematiker nur Uebersetzer oder Erklärer der berühmten griechischen Schriftsteller, wie z. B. des Archimedes, des Apollonius u. a. Unter August und seinen Nachfolgern bemerkt man blos einige gelehrte Astronomen, Mechaniker und Baukünstler unter ihnen. Posidonius astronomisches Kunstwerk war berühmt. Aber selbst Julius Cäsar hielt es nur für eine Ergötzung der Astronomie. Boethius war Lehrer der Mathematik für die mittlern Zeiten; aber viel und gründliches war nicht von ihm zu lernen. Auch was Cassiodor lehrte, bedeutete nicht viel. Vitruvs Baukunst war wohl das Beste von den in die Mathematik einschlagenden Werken aus jener römischen Zeit.

§. 10.

Als nach Theodosius Tode das große römische Reich getheilt und die eine Hälfte desselben von den Barbaren erobert wurde, da hatten sich die strengen Wissenschaften fast ganz nach dem Museum zu Alexandrien geflüchtet. Aber auch hier konnten sie die ihnen übrig gebliebene Kraft nicht erhalten. Ja, es dauerte nicht lange mehr bis zum gänzlichen Untergange dieser gelehrten Anstalt, welche fast tausend Jahr in Flor gewesen, und woraus so viel Gutes für die Wissenschaften hervorgegangen war. Denn um die Mitte des siebenten christlichen Jahrhunderts wurde dieses herrliche Museum von den Arabern durchaus zerstört, wobei sehr viele Schriften der gelehrtesten Männer mit untergingen.

Indessen war doch unter den Arabern selbst, als sie die Waffen bei Seite gelegt hatten, mancher Funke von Gelehrsamkeit entwickelt worden, der in ihrem Geiste ein Licht

anzündete. Denn schon nach hundert Jahren sah man diese Völker Astronomie treiben, von der sie freilich schon längst allgemeine Kenntnisse gehabt hatten. Gegen siebenhundert Jahre lang blühten die mathematischen Wissenschaften in denjenigen Ländern, welche unter der Herrschaft der Araber und in der Folge auch der Perser standen. Von den Mauren (Mohren) wurden sie zuerst nach Spanien gebracht und von diesem Lande aus auch nach dem übrigen Europa hin verpflanzt.

§. 11.

Dürre, für die Mathematik und für alle übrige Wissenschaften unfruchtbare Jahrhunderte traten jetzt in Europa ein. Fast nur allein bei den Arabern fand die Mathematik im zehnten, eilften, zwölften und dreizehnten Jahrhundert ihre Zuflucht. Vorzüglich war es die Astronomie, die von ihnen bearbeitet und mit mannigfaltigen neuen Entdeckungen bereichert wurde. Auch übersetzten sie den Euclides, den Apollonius, den Archimedes und andere berühmte Griechen. Nicht selten trieben auch ihre Fürsten die Mathematik. Das thaten unter andern zu Anfange des zehnten Jahrhunderts der große Haroun Al Raschid und dessen Sohn Al Mamon. Die Perser und Chineser traten in ihre Fußstapfen. Nasireddin war ein berühmter persischer Geometer. Was die Indianer von dieser Wissenschaft wußten, war von geringer Bedeutung, und oft untermengt mit dem seltsamsten Aberglauben.

Als später, namentlich im sechszehnten und siebzehnten Jahrhundert, die Astronomie der Chineser, sammt den Hülfswissenschaften der Sternkunde, in Verfall gerathen war,

da halfen die nach China wandernden Jesuiten ihr so sehr wieder empor, daß sie sogar vor der europäischen Astronomie den Vorzug erlangte.

§. 12.

Einen eigentlich berühmten Mathematiker gab es von Constantin oder dem vierten Jahrhundert an bis zum dreizehnten nicht. Jene Jahrhunderte konnten zwar mitunter manche Liebhaber der Größenlehre aufweisen; aber keine solche Mathematiker, die in der Wissenschaft Epoche gemacht hätten. Am Ende des zehnten Jahrhunderts hatte sich Gerbert, nachmaliger Pabst Sylvester II., manche gute Kenntnisse der Mathematik, vorzüglich der Astronomie und Mechanik erworben. Im eilften Jahrhundert brachte Johannes Campanus die Mathematik wieder etwas in die Höhe. Um die Mitte des dreizehnten Jahrhunderts aber hob König Alphonsus von Kastilien die Astronomie sehr empor, nachdem vorher Kaiser Friedrich II. schon viel für diese Wissenschaft gethan hatte.

Albrecht Groot oder Groß wurde im dreizehnten Jahrhundert wegen seiner astronomischen und mechanischen Kenntnisse bewundert. Aber dem Roger Baco, der in der letzten Hälfte des dreizehnten Jahrhunderts lebte, kam er an Berühmtheit lange nicht gleich. Dieser machte sich besonders in der Optik, sowie auch in der Astronomie und Mechanik, sehr bemerkbar. Durch ihn lernten wir zuerst die Brillen, die Vergrößerungsgläser und andere linsenförmige Augengläser kennen, die erst ein Paar hundert Jahre nachher zu den Fernröhren angewandt wurden. Auf jeden Fall eine sehr wichtige Epoche für die Optik und Astronomie!

§. 13.

Durch die Erfindung der eigentlichen Boussole oder des Compasses im Jahr 1302, welche wir dem Neapolitaner Flavio Gioja verdanken, geschah in der Mathematik auch ein bedeutender Schritt vorwärts. Denn diese Erfindung hatte vielen Einfluß auf spätere Erfindungen und Entdeckungen in der Schifffahrtskunde, Astronomie, mathematischen Geographie und praktischen Meßkunst. Außer dem Mechaniker Jakob de Dondis hatte das vierzehnte Jahrhundert keine Mathematiker von Erheblichkeit.

Erst im fünfzehnten Jahrhundert kam die Mathematik unter den Europäern mehr in Aufnahme und machte nach und nach sehr merkliche Fortschritte. Die wahren Wiederhersteller der Mathematik, vornehmlich der Astronomie, waren Peurbach (oder Purbach) und Regiomontan, auch de Monte Regio genannt. Was sie in jenen Wissenschaften leisteten, wied nie vergessen werden. Auch Bernhard Walther, Regiomontans Schüler, erwarb sich einen berühmten Namen, sowie Johannes Bianchini aus Bologna, Dominikus Maria (der Lehrer des Copernikus in Bologna), Lucas de Burgo (oder Pacioli) und einige andere. Den berühmten Nürnbergischen Maler und Zeichenkünstler Albrecht Dürer, welcher sich auch in der Geometrie, Perspektive und Fortifikation auszeichnete, kann man gleichfalls hierher rechnen. — Unter allen diesen verdienten Männern haben freilich Purbach, Regiomontan und Walther zur Verbreitung der Mathematik in Deutschland das meiste beigetragen. In Nürnberg sind selbst viele Künste und Gewerbe durch Beihülfe der Mathematik mit desto größerm Nachdruck betrieben worden.

§. 14.

Angereizt durch die Bemühungen der gelehrten Männer des fünfzehnten Jahrhunderts, wurde die Mathematik im sechszehnten Jahrhundert noch weit mehr vervollkommnet. Eine blühende Periode, angefüllt mit höchst wichtigen Erfindungen, eröffnete sich dieser erhabenen Wissenschaft. Franz Maurolycus, Nicolaus Tartaglia und Friedrich Commandinus, ferner Peter Ramus, Franz Vieta, Peter Metius, Ludolph van Ceulen (oder von Cölln), Simon Stevin, Johann Werner, Justus Byrgius, Conrad Dasypodius, Johann Scheubel, Johann Schoner, Peter Apianus (Bienewitz), Gemma Frisius, Sebastian Münster, Michael Stifel, Nicolaus Copernikus, Tycho de Brahe, Hieronymus Cardanus, Eduard Wright, Guido Ubaldi, Baptist Porta sind Namen, die in der Geschichte der Mathematik noch nach Jahrtausenden glänzen werden. Wie weltberühmt haben sich z. B. nicht schon allein Copernikus gemacht durch sein Sonnensystem (Planetensystem), Vieta durch seine vielen algebraischen Entdeckungen, Peter Nonius durch seine Vorrichtungen zum genauen Abtheilen der geometrischen und astronomischen Instrumente!

3. 15.

An die großen höchst wichtigen Erfindungen und Bereicherungen der Mathematik des sechszehnten Jahrhunderts reiheten sich diejenigen des siebzehnten, wodurch alle Theile dieser Wissenschaft zu einer noch bedeutendern Höhe gelangten. In diesem Jahrhundert lebten und wirkten ja Neper (Na-

pier), Brigg, Galileo Galilei, Kepler, Merkator, Newton, Halley, Dörfel, Cavaleri, Gülldin, Fermat, Mersenne, Roberval, Torricelli, Pascal, Descartes (Cartesius), Wallis, Wren, Hughens (Hugenius), Grandi, Viviani, Vieta, Girard, Harriot, Oughtred, Leibnitz, Jacob Bernoulli, Johann Bernoulli, Cavendisch, Schooten, de Rheita, Snellius, Barrow, Maupertuis, Simon Marius, Riccioli, Grimaldi, Fabricius, Stevin, Ubaldi, Castelli, Mariotte, de la Hire, de l'Hospital, Varignon, Römer, Maclaurin, Robert Hook, Amontons, Cassini, Parent, Auzout, Bradley, Hevel, Flamstead, de la Caille, Borelli, Picard rc.

Männer, wie Descartes, Newton, Leibnitz, Galilei und die Gebrüder Bernoulli allein würden das siebzehnte Jahrhundert schon zu dem wichtigsten für die Mathematik gemacht haben. In dasselbe Jahrhundert fiel ja die Erfindung der Logarithmen, der Analysis des Unendlichen, der Fernröhre u. dgl. m. Nicht zu verwundern ist es übrigens, daß die meisten mathematischen Erfindungen und Entdeckungen von jungen Gelehrten oder wenigstens von solchen herrührten, die noch in ihren besten Jahren waren, wie Fermat, Wallis, Newton, Leibnitz rc.

§. 16.

Johann und Jacob Bernoulli setzten ihre höheren mathematischen Forschungen zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts noch mit großem Ruhme fort. Zwei andere Bernoullis, Nikolaus und Daniel, reiheten sich

bald an sie an; Leonhard Euler trat in ihre Fußstapfen und wurde bald einer der größten Mathematiker, die je gelebt haben. Mit ihm wirkte der berühmte d'Alembert. Die deutschen Mathematiker Weigel, Sturm, Hausen und Wolff gehörten zu den berühmtesten im Anfange des achtzehnten Jahrhunderts. Viel haben besonders die drei letztern zur Verbreitung dieser Wissenschaft beigetragen. Der Freiherr von Wolff machte sich auch berühmt durch die Reformation der Philosophie mit Hülfe der Mathematik, wie dies vor ihm auch Leibnitz gethan hatte. Einen viel höhern Rang als Geometer und Analysten errangen in der Folge freilich la Grange, Lambert, Lacroix, Legendre, l'Huilier, Hindenburg, Kästner, Karsten, Klügel, Pfaff, Gauß und andere, sowie in der Astronomie hauptsächlich Cassini, Camus, de la Caille, Clairaut, de la Lande, Tobias Mayer, Bode, Bohnenberger, Würm, v. Zach ꝛc., in der Mechanik Belidor, Buat, Bossut, Langsdorf, Eytelwein, Watt, Bolton u. a. sich auszeichneten, wie dies alles im Einzelnen möglichst genau auseinander gesetzt werden soll.

Unbeschreiblich viel trug die Mathematik zum immer weitern Emporkommen aller übrigen Naturwissenschaften bei. Selbst alle technische Künste wurden durch die Größenlehre viel weiter gebracht. Und was in der neuesten Zeit durch Mathematik auch in der Philosophie geleistet worden ist, zeigen besonders die Bemühungen des Königsberger Philosophen Herbart.

Erste Abtheilung.

Geschichte der reinen Mathematik.



Erste Abtheilung.

Geschichte der reinen Mathematik.

§. 17.

In der **reinen Mathematik** werden bekanntlich nur die allgemeinern Wahrheiten festgesetzt, erläutert und begründet, welche man von den Größen aller Dinge in der Welt erweisen kann, die Dinge mögen eine Beschaffenheit haben, welche sie wollen. Um diese Beschaffenheit selbst bekümmert man sich da nicht. In der **angewandten Mathematik** hingegen verbindet man jene Wahrheiten mit den mannigfaltigen Gegenständen der Welt, die einer Größen-Bestimmung fähig sind.

Alle Größen, die in der reinen Mathematik vorkommen, sind entweder **abgesonderte Größen** (**discrete Größen, Zahl-Größen**) oder **stetige Größen**. Unter jenen Größen versteht man diejenigen, welche man nur als **Mengen** betrachtet, ohne auf irgend eine Gestalt derselben Rücksicht zu nehmen. Mit solchen Größen beschäftigt sich die **Arithmetik** oder **Rechenkunst**. Bei den stetigen Größen hingegen kommt es mit auf Ausdehnung und Gestalt, oder auf die Ordnung der Theile des Dinges an, woran man mathematische Untersuchungen anstellen will. Solche Größen gehören in die **Geometrie**, wovon die **Trigonometrie** oder **Dreyeckslehre** einen wichtigen Zweig ausmacht.

§. 18.

Die Algebra oder Lehre von den Gleichungen gehört mit zur reinen Mathematik; eben so die Analysis, welche das Unbekannte auf eigne Art mit dem Bekannten so verbindet, daß sich jenes daraus, oft recht schön und scharfsinnig, entwickeln läßt. Nicht blos auf Zahlengrößen, sondern auch auf stetige Größen wird die Analysis mit großem Nutzen angewandt. Sie theilt sich in die Analysis des Endlichen und Unendlichen. Zu letzterer gehört die so höchst wichtige Differential- und Integralrechnung.

Wenn man von den verschiedenen Lehren der reinen Mathematik einen Theil absondert, dessen Umfang nicht gar groß ist, und der sich schon mit einem mäßigen Aufwande von Zeit und Kraft lernen läßt, so wird derselbe Elementar-Mathematik genannt. Die übrigen Theile gehören dann zur höheren Mathematik.

Erster Abschnitt.

Geschichte der Arithmetik oder Rechenkunst.

§. 19.

Daß schon die ersten Menschen der Erde, wenn auch nicht rechnen, doch zählen konnten, ist wohl ganz natürlich. Jedes Kind, dessen Verstandeskräfte sich einigermaßen entwikkelt haben, zählt ja schon die Gegenstände, welche es um sich sieht, zusammen, z. B. die Finger seiner Hände, die Steine, womit es spielt, Bäume, Thiere u. dgl. Eben so natürlich ist es wohl, daß die ersten Menschen, nächst dem Zusammenzählen oder Addiren, das Hinwegnehmen gleichartiger Dinge von einer gewissen Menge derselben, oder das sogenannte Subtrahiren, bald lernen mußten. Das Vervielfältigen einer gewissen Menge von Dingen, oder Multipliciren, und das Theilen derselben, oder Dividiren, war schon etwas schwerer; und noch schwerer diejenige Verbindung von bekannten Größen mit unbekannten, welche wir Proportion nennen, und woraus die gemeinen praktischen Regeln, wie Regel de Tri, Regel de Quinque u. s. w. abfließen. Hatte man diese Kunst erfunden, so war auch schon ein Anfang von der wahren Rechenkunst oder Arithmetik da.

Eine solche Arithmetik soll von den Phöniziern herrühren; in ihrer Sprache soll Phönix sogar eine geschrieben haben. Andern Nachrichten zu Folge soll Theut (Merkur oder Hermes) der Erfinder des Rechnens seyn. Nach dem Josephus aber wäre Abraham der älteste Rechenmeister

gewesen. Wenn man auch auf solche mit fabelhaften Erzählungen gemischte Nachrichten nicht viel halten will, so ist doch so viel gewiß, daß die ältesten Völker, ihrer Bedürfnisse wegen, einen Begriff vom Rechnen haben mußten.

§. 20.

Die ältesten Völker, nur die alten Chineser und Thracier ausgenommen, zählten schon nach zehn. Durch die Finger der beiden Hände mußten sie wohl sehr leicht darauf verfallen. Zu Zahl-Zeichen bedienten sie sich der Buchstaben ihres Alphabets. Die verschiedenen Abstufungen der Zehnen unterschieden sie entweder durch Accentzeichen, welche sie über die Buchstaben setzten, wie die Griechen es thaten; oder durch eigne Zusammensetzungen der Buchstaben, wie die Römer es machten.

Unsere Zahlzeichen oder Ziffern, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, wurden viel später gebraucht. Die Erfindung dieser neun Zahlzeichen an und für sich selbst war gerade nichts merkwürdiges; aber mit denselben, unter Beihülfe der Null, alle mögliche, selbst die allerhöchsten Zahlen zu schreiben, indem man ihnen nur gewisse Stellen anweist, war eine der wichtigsten und schönsten Erfindungen des menschlichen Geistes. Der Erfinder ist unbekannt; ohne Zweifel war er ein Morgenländer. Das durfte man wohl schon daraus schließen, daß die Morgenländer von der Rechten gegen die Linke lesen, und daß eben so der Werth der Ziffern zunimmt. Das ist auch der Grund, warum wir diese Zahlzeichen noch immer arabische zu nennen pflegen. Was manche Gelehrte für den griechischen Ursprung dieser Ziffern beigebracht haben, ist nicht haltbar genug.

§. 21.

Gewiß ist es, daß diese schöne Art, Zahlen zu schreiben, durch die Araber nach Europa kam, und zwar im zehnten oder eilften Jahrhundert. Die Araber hatten sie wahrscheinlich von den Indianern erhalten. Italienischer Handel mit dem Morgenlande, Kreuzzüge und Aufenthalt der Mauren in Spanien lassen sich die Gelegenheit leicht denken, wie die Ziffern nach Europa kommen konnten. Gerbert, der im Jahr 1003 als Pabst Sylvester II. starb, scheint unter den ersten gewesen zu seyn, die sie aus Spanien holten; wenigstens hat er viele Untersuchungen über das Alter der Ziffern in den Abendländern angestellt. Auch ist er einer der ersten, welcher selbst Ziffern gebraucht hat.

Daß man unsere Ziffern noch nicht bei Griechen und Römern findet, ist ausgemacht. Zwar behauptet Boethius, daß einige Pythagoräer neun besondere Zahlzeichen gehabt haben, die den jetzigen arabischen ähnlich gewesen seyn sollen; aber wahrscheinlich waren sie doch sehr verschieden davon; und wenn dies auch nicht gewesen wäre, so fand doch noch nicht bei ihnen die sinnreiche Zusammenstellung zu Zahlen so statt, wie es vorhin (§. 20.) erwähnt worden ist.

Archimedes hatte schon mit sehr großen Zahlen zu thun. Er dachte sich z. B. eine Menge Sandkörner so groß, als er sich die Welt vorstellte. Er brauchte dazu Ordnungen nach Zehntausenden oder Myriaden; aber er hatte noch nichts unseren Ziffern ähnliches. Eben deswegen konnte er auch die Berechnung der Peripherie eines Kreises nicht weiter treiben, als bis zu den Gränzen 3. und $3\frac{1}{7}$, den Durchmesser des Kreises zur Einheit angenommen. [illegible]

er irgend eine sehr große Zahl ausdrücken, so nahm er eine geometrische Fortschreitung an, theilte die Glieder derselben in Classen und bezeichnete die Zahl durch die Classe und die Stelle derselben. Seine Sprache gab ihm auch hier nur Zahlwörter bis Zehntausend. Beim Ptolemäus, der schon ziemlich große Berechnungen machte, findet man unsere Zahl-Eintheilung gleichfalls noch nicht. Das Unbehülfliche der römischen Zahlzeichen ist bekannt genug.

§. 22.

Anfangs waren die Zahlzeichen und ihr durch die Stelle ihnen angewiesener Werth nur zum Gebrauch der Mathematik und keinesweges für das gemeine Leben bestimmt. Selbst im fünfzehnten christlichen Jahrhundert kommen diese Ziffern, sogar in Urkunden, noch höchst selten vor; damals waren meist noch römische Zahlzeichen üblich. Erst nach der Mitte des sechszehnten Jahrhunderts waren sie gewöhnlicher. Im fünfzehnten Jahrhundert sah man solche Ziffern auf Steinen mehr, als auf Pergament. Gedruckt waren sie noch am wenigsten üblich. In ältern gedruckten Büchern findet man selbst Jahrzahlen fast immer mit Worten oder mit römischen Zahlbuchstaben angegeben.

So wurden zur Römer Zeit, und später auch, mäßige Rechnungen, z. B. Haushaltungs- und Handelsrechnungen, nie mit Ziffern, sondern mit Steinen und andern ähnlichen Marken auf einem Rechenbrete gemacht. Auf diesem Brete waren mehrere parallele Linien verzeichnet; und hier bedeuteten einerley Steine oder sonstige sinnliche Zeichen auf der ersten Linie Einer, auf der zweiten Zehner, auf der dritten Hunderter, auf der vierten Tausender u. s. w. So

konnte man allerdings leichter und bequemer rechnen, als blos mit den Fingern; aber noch leichter und bequemer ging es doch mit den Ziffern. — Heutiges Tages machen allenfalls noch die Sineser von dem Rechenbrete Gebrauch.

§. 23.

Manche Spielereyen haben die Alten mit Zahlen getrieben, und allerley Aberglauben knüpften sie an einige derselben, wie es ja selbst in den neuern Zeiten, namentlich im sechszehnten Jahrhundert, noch geschah. So legte ihnen Pythagoras, der seine Philosophie überhaupt so gern mit Sinnbildern umhüllte, mehrere geheime Eigenschaften bei. Er schwur nur bei der Zahl vier, welche für ihn die erhabenste Zahl, gleichsam die Zahl aller Zahlen war. Auch in der Zahl drei fand er mehrere merkwürdige Eigenschaften. Pythagoras hatte sich in der ägyptischen Gelehrsamkeit unterrichten lassen, und von den ägyptischen Priestern oder Gelehrten ist es bekannt, daß sie in den Zahlen geheime Beziehungen auf die Einrichtungen der Welt zu finden glaubten und daß sie eine geheime Zeichensprache bildeten, um den Uneingeweihten ihre Kenntnisse zu verstecken und dadurch sich ehrwürdiger zu machen. Archytas schrieb ein Buch von der zehn; Telanges, der Sohn des Pythagoras, schrieb vier Bücher über die Zahl vier; u. s. w.

Unter allen arithmetischen Entdeckungen des Pythagoras, wovon manche freilich mögen untergeschoben seyn, hat man es blos der Mühe werth gefunden, seine Multiplicationstafel oder sein Einmaleins zu erhalten, das freilich gegen unser Einmaleins noch sehr unbequem und schwerfällig seyn mußte. Denn jene Tafel war theils aus

eignen Charakteren, theils aus Buchstaben des griechischen Alphabets zusammengesetzt.

§. 24.

Verschiedene Formen der Zahlen erdachten die Pythagoräer gleichfalls, z. B. die Polygonalzahlen (dreieckigte, viereckigte ꝛc.), die Pyramidalzahlen, die ebenen und körperlichen Zahlen überhaupt, sowohl die vollständigen, als unvollständigen; u. dgl. Es war dies eine Art Verbindung der Arithmetik mit der Geometrie. Sie stellten namentlich manche Untersuchungen über diejenigen Zahlen an, welche die Seiten eines rechtwinklichten Dreyecks geben. Ohnstreitig ist Pythagoras selbst, durch die Combinationen solcher Zahlen, z. B. drei, vier und fünf, auf seinen so berühmt gewordenen Lehrsatz, den Magister matheseos gekommen.

Die Pythagoräer erfanden auch die Berechnung der musikalischen Verhältnisse, wobei subtile Beobachtungen und Vergleichungen vorausgesetzt werden mußten. Eigentlich wird diese Erfindung dem Pythagoras selbst zugeschrieben. Die dazu gehörige Lehre von der Zusammensetzung und Theilung der Verhältnisse mußte jenem Philosophen sehr geläufig seyn, weil dabei einige kleine Unterschiede in den Intervallen vorkommen. Es wird ja noch jetzt ein gewisses kleines Intervall das pythagorische Komma genannt.

§. 25.

Daß die alten Griechen auch manche andere für die Mathematik sowohl, als für das gemeine Leben brauchbare arithmetische Kenntnisse hatten, ist gewiß. Sie kannten nicht blos gerade und ungerade Zahlen, Primzahlen

und zusammengesetzte Zahlen, die vier Species der Rechenkunst (Addition, Subtraction, Multiplication und Division), sondern auch die Eigenschaften der geometrischen Verhältnisse und Proportionen, die arithmetischen und geometrischen Progressionen, die Lehren von den Größen, deren Verhältniß sich in Zahlen nicht völlig genau angeben läßt ꝛc. Dies ergiebt sich ja aus Euclids fünften, siebenten, achten und neunten Buche.

Das berühmte Sieb (Cribrum) des Eratosthenes, welcher 280 Jahre vor Christi Geburt Aufseher der Bibliothek zu Alexandrien war, gab ein leichtes und bequemes Hülfsmittel ab, die Primzahlen, d. h. diejenigen Zahlen zu finden, welche durch keine andere Zahl, als durch sich selbst theilbar sind, wie 1, 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 23 u. s. w. Durch die Löcher dieses mit Zahlen besetzten Siebes fielen alle diejenigen Zahlen hindurch, welche keine Primzahlen waren, nämlich die zusammengesetzten Zahlen, d. h. diejenigen, welche theilbar sind, folglich in Faktoren sich zerlegen lassen.

§. 26.

Die Alten kannten auch schon Verfahrungsarten zur Ausziehung der Quadrat- und Kubikwurzeln. Sie erläuterten die Quadrat- und Kubikrechnungen durch diejenigen geometrischen Figuren und Körper (Quadrat und Kubus oder Würfel), welche ihren Namen davon haben. Euclid nennt im siebenten Buche Produkte aus zwei oder drei Zahlen Flächenzahlen, körperliche Zahlen; er erklärt Quadrat und Würfel einer Zahl so, daß man wohl an die geometrische Größe denken muß. Potenz ist bei ihm, wie bei den mei-

sten Alten, mit Quadrat gleichbedeutend, nämlich ein Produkt von zwei gleichen Faktoren, während es bei uns ein Produkt aus gleichen Faktoren überhaupt ist, also auch von drei, vier, fünf, sechs und mehr gleichen Faktoren.

Die Theorie der irrationalen Größen giebt Euclid (im zehnten Buche) gleichfalls in einer geometrischen Darstellung, und zwar mit hohem Scharfsinne und nach einer musterhaften Methode.

§. 27.

Das siebente bis zehnte Buch des Euclids bleiben auf jeden Fall die Hauptquellen der arithmetischen Kenntnisse der Alten. Auch sind sie in Absicht auf Methode und System bei weitem das Vollkommenste, was von der Arithmetik der Alten auf uns gekommen ist. An die Arithmetik des Euclides reiht sich diejenige des Pythagoräers Nicomachus an, die zwar von allgemeinerm Umfange, in Hinsicht auf System und Methode aber nicht mit Euclids Lehren zu vergleichen war. Nicomachus hatte seine Arithmetik meistens aus den Schriften seiner Vorgänger geschöpft; und aus dem Nicomachus schöpften wieder andere, wie z. B. Boethius.

Außer den arithmetischen Werken des Euclides und des Nicomachus ist von derselben Wissenschaft aus jenen alten Zeiten nichts Bedeutendes mehr vorhanden, wenn man nicht etwa noch die Erfindungen des Diophantus (§. 7.), welcher aber später, vermuthlich im zweiten christlichen Jahrhundert, lebte, mit hierher rechnen will.

§. 28.

Von Ungelehrten wurden die vier Species der Rechenkunst mit Hülfe eines Rechenbrets (§. 22.) verrichtet.

Solche Rechenbreter wurden auch, z. B. von den Griechen und Römern, in den Schulen gebraucht. Haben die Alten auch allerley praktische Rechnungs-Vortheile gewußt, wovon nichts auf unsere Zeiten gekommen ist, so können diese doch mit den unsrigen, die aus der Ziffern-Rechnung entsprangen, wenigstens in Hinsicht der Bequemlichkeit, nicht verglichen werden.

Wie die Alten Quadratwurzeln durch Näherung fanden, sieht man aus dem astronomischen Lehrbegriff des Ptolemäus. Die Methode war wohl der unsrigen ähnlich, aber weitschweifig und auch in Hinsicht der Genauigkeit unvollkommener, wie die unsrige. Aus Theons Werken sieht man dies gleichfalls. Die Gründe dazu wurden aus der Geometrie hergenommen. Beim Baue der Kriegsmaschinen, eines wichtigen Theils der praktischen Mechanik der Alten, kam es vor, Kubikwurzeln auszuziehen. Auch das geschah nach gewissen festgesetzten Regeln auf eine ziemlich unbehülfliche Art. Gegen Ende des sechszehnten Jahrhunderts ist die Ausziehung der Wurzeln, vornehmlich die Näherung, wenn sie irrational sind, weiter getrieben worden, als vorher, wo man sich blos mit Brüchen begnügte, die man an die ganze, die Wurzel anzeigende, Zahl setzte. Dem Simon Stevin haben wir hierin viel zu verdanken, vornehmlich weil er hierbei die Decimalbrüche (§. 33.) benutzte. Dasselbe that Beyer zu Frankfurt am Main schon seit dem Jahr 1597.

§. 29.

Um die Benennung und Bezeichnung der Potenzen gab man sich von jeher sehr viele Mühe. Obgleich man denken sollte, es wäre sehr leicht gewesen, auf unsere so

einfache Benennungs- und Bezeichnungsart zu kommen, so scheint man dies doch nicht so gefunden zu haben. Die arabischen Benennungen waren gleichbedeutend mit Quadrat, Kubus, Quadrato-Quadrat oder Biquadrat, Sursolidum, Quadrat des Kubus, zweites Sursolidum, Quadrato-Quadrato-Quadrat, Kubo-Kubus, Quadrat des Sursolidum, drittes Sursolidum. Andere Benennungen hatten wieder Lucas de Burgo, Christoph Rudolph, Robert Recorde, Bombelli, Stevin, Oughtred, Vieta u. a. Die Bezeichnungen des Christoph Rudolph in seiner Cos, 1515 von Stiefel verbessert, waren

0	1	2	3	4
1	A	AA	AAA	AAAA

Bombelli gebrauchte in seiner 1579 gedruckten Algebra

$\smile\limits^{1}$ $\smile\limits^{2}$ $\smile\limits^{3}$ $\smile\limits^{4}$ u. s. w.

Stevin wandte einen kleinen Kreis an, in welchen er den Exponenten der Potenz setzte. Harriot setzte blos

a aa aaa aaaa u. s. w.,

wie es auch Rudolph schon früher gethan hatte. Descartes aber setzte bei höheren Potenzen den Exponenten an die Spitze des Symbols der Grundzahl; und so ist es seitdem auch üblich geblieben. Girard hatte schon im Jahr 1629 die Exponenten zur Bezeichnung der Wurzeln gebraucht, wie

$\sqrt{a}$ $\sqrt[3]{a}$ $\sqrt[4]{a}$ u. s. w.

Das Zeichen $\sqrt{}$ ist anfangs blos ein lateinisches r (radix, Wurzel) gewesen und hat in der Folge den aufwärts gehenden Zug bekommen, damit man den Exponenten besser hineinschreiben konnte.

§. 30.

Die Gründe zu der so nützlichen Regel de Tri finden sich schon beim Euclides. Erst später erfand man auch zusammengesetztere Rechnungen für die Geschäfte des gemeinen Lebens, Rechnungen, welche auf Zusammensetzung mehrerer Verhältnisse beruhen, wie Regel de Quinque, Regel de Septem, Gesellschaftsrechnung, Alligationsrechnung, zusammengesetzte Zinsrechnung rc. Im sechszehnten Jahrhundert waren solche Rechnungen nicht selten mehr. Sogar fing man damals schon an, zusammengesetzte Interessen zu berechnen, wie die Zinsen, welche jährlich zum Kapital geschlagen werden.

Diejenige Zusammensetzungsart von gewissen als Erfahrung angenommenen Verhältnissen, welche man Kettenregel nennt, wo man nämlich eine unbekannte Größe durch eine kettenförmige Zusammenstellung von Zwischenverhältnissen entwickelt, soll Graumann im Jahr 1731 zuerst erfunden haben, obgleich man etwas ähnliches schon vor der Mitte des sechszehnten Jahrhunderts bei Peter Apian und bei Jakob von Coburgk findet. Wenigstens hat Graumann ihr zuerst den Namen Kettenregel gegeben. Bald nachher machte es der Holländer de Rees recht deutlich, wie man die Größen zur Kette ordnen müsse, damit die Auflösung kurz und leicht sey. Deswegen nennt man sie auch oft Reesesche Regel. Willich in Göttingen erläuterte sie im Jahr 1759 noch mehr; und Nicolaus Schmid in Hannover behandelte sie in seinem Rechenbuche auf eine vorzügliche, recht anschauliche und empfehlenswerthe Weise. Raphael Levis aber gab eine besondere Methode an, die

Glieder bei der Kettenregel auf das Bequemste zu stellen. Und so wird sie bis jetzt, vornehmlich in kaufmännischen Rechnungen, als eine der nützlichsten arithmetischen Regeln angewandt.

§. 31.

Der Regel falsi bediente man sich in frühern Zeiten, als die Algebra noch wenig bekannt war, oder als von ihr noch weniger Gebrauch, wie jetzt, gemacht wurde. Sie besteht aus einer Methode, irgend eine Rechnungs-Aufgabe durch die Annahme einer willkührlichen Größe, statt der wahren, aufzulösen, nämlich dadurch, daß man das Facit mit demjenigen, was herauskommen sollte, vergleicht, und aus dem Unterschiede die angenommene Zahl berichtigt.

Gemma Frisius versah die Regel falsi mit Bereicherungen, die sich auf Fragen beziehen, wo Produkte und Potenzen der gesuchten Zahlen vorkommen. Newton bediente sich derselben zur Bestimmung der Kometenbahnen. Den Satz, man könne aus falschen Voraussetzungen Wahrheit folgern, hatte schon Tacquet behauptet. Jetzt benutzt man diese Rechnungsart gar nicht mehr; wer nur mit Gleichungen vom ersten Grade umzugehen weiß, braucht sie auch nicht.

Eine ähnliche Bewandniß hat es mit der Regel Cöci (Blindrechnung), wo eine gegebene Zahl in drei oder mehr Theile so getheilt werden soll, daß, wenn jeder dieser Theile mit einer gegebenen Zahl multiplicirt wird, die Summe der Produkte wieder eine gegebene Zahl ist.

§. 32.

Die Primzahlen (§. 25.) konnten von jeher nur empirisch gefunden werden, indem man alle theilbare Zahlen nach sichern Regeln aussucht, wodurch die übrigen als Primzah-

len sich zeigen. Die Methode des Eratosthenes kennen wir schon (aus §. 22.).

Sinnreiche Betrachtungen über die Primzahlen, um ein Gesetz des Fortschreitens derselben ausfindig zu machen, und sie leichter abzusondern, haben Fermat, Euler, Kraft, Waring, Lambert, Hindenburg u. a. angestellt. Sie brachten viel Nützliches darüber zum Vorschein, aber allgemeine Charaktere derselben konnten sie nicht entdecken. Euler zeigte, wie man eine Tafel der Primzahlen verfertigen könne, worin zugleich die kleinsten Theiler der zusammengesetzten Zahlen sich finden. Eine solche Tafel war also zugleich eine Faktorentabelle, welche zu manchem praktischen Behuf, z. B. in der Astronomie und in der Mechanik, wo es oft nöthig ist, eine Zahl in die einfachen Faktoren (oder Theiler) zu zerlegen, nützlich angewendet werden können. Die Deutschen Schwenter, Neumann und Krüger, die Holländer van Schooten und Anjema und der Engländer Branker suchten schon durch Zerlegung der Zahlen in Faktoren der Wissenschaft einen Dienst zu erweisen. Bekannter machte sich vor hundert Jahren Johann Michael Poetius durch seine Zergliederung der Zahlen, so wie Anton Felkel vor fünfzig Jahren. Letzterer erfand auch eine Maschine, womit man sogleich eine Zahl in Faktoren zerfällen konnte. Diese bestand aus Stäben, die nach einer bestimmten Ordnung mit einander verbunden werden mußten, wie die Neperschen Rechenstäbe. Sie enthielten zugleich bewegliche Schieber, vermöge welchen sich die Aufgaben leicht auflösen ließen. Vor wenigen Jahren fand der Italiener Libri eine analytische Formel zur exclusiven Darstellung aller Prim-

zahlen. Für die Anwendung hätte diese Formel aber noch gar viele Schwierigkeiten.

§. 33.

Ein bedeutender Fortschritt in der Mathematik war das Verfahren, mit Decimalbrüchen zu rechnen. Die Astronomen waren die ersten, welche die Bequemlichkeit des Rechnens nach Zehnen einsahen. Das nimmt man schon beim Ptolemäus wahr. Die eigentliche ernstere Veranlassung zu dieser Rechnung aber gab Regiomontan im fünfzehnten Jahrhundert. Er war es, der die Sexagesimal-Eintheilung des Kreis-Halbmessers mit der bequemern in zehn Millionen Theile vertauschte. Die Engländer Buckley und Recorde und der Franzose Ramus zeigten um die Mitte des sechszehnten Jahrhunderts zuerst, wie bei Ausziehung der Quadratwurzeln die Brüche in Decimaltheilen ausgedrückt werden können, da man vorher der Wurzelzahl nur einen gemeinen Bruch angehängt hatte.

Besonders ernsthaft empfahl dazu und zu andern Rechnungen ums Jahr 1585 Simon Stevin die Rechnung in Decimaltheilen (§. 28.). Er bediente sich noch nicht des jetzt üblichen Komma's oder Punktes, um die Stelle anzuzeigen, wo die Ganzen aufhören, sondern er gab jeder Stelle einen eignen Namen: Prime, Sekunde rc., wie es die Feldmesser lange Zeit beibehielten. Seit jener Zeit wurde die Decimal-Rechnung bei den Mathematikern immer gebräuchlicher, wenn sie auch nicht ins gemeine Leben eingeführt wurde.

§. 34.

Die Polygonalzahlen und figurirten Zahlen, wie sie sich am Ende des sechszehnten Jahrhundert schon in

Stiefels Arithmetik finden, waren eigentlich die ersten arithmetischen Reihen (arithmetischen Progressionen), welche es gab.

Unter Polygonalzahlen versteht man die Summen solcher arithmetischer Reihen, deren erstes Glied 1, der Unterschied aber irgend eine ganze Zahl ist. Wenn der Unterschied gleichfalls 1 ist, so heißen sie Triangularzahlen; wenn er aber 2, 3, 4, 5, 6 u. s. w. ist, so nennt man sie Quadratzahlen, Pentagonalzahlen, Hexagonalzahlen, Heptagonalzahlen, Octagonalzahlen, u. s. w. Die alten Mathematiker haben sich viel mit solchen Zahlen beschäftigt (§. 24.). So kommen sie z. B. beim Pythagoras und beim Diophant vor. In neuern Zeiten haben sich selbst berühmte Mathematiker damit abgegeben, wie Fermat, Euler, La Grange, Beguelin, Gauß u. a. Besonders hat Fermat manche scharfsinnige Entdeckung über die Zusammensetzung und Zerlegung der Zahlen gemacht. Philipp Geyger zu Zürich zeigte im Jahr 1609 manche Eigenschaften der Polygonalzahlen und wandte sie unter andern auch darauf an, Soldaten in eine fünfeckigte, achteckigte ꝛc. Schlachtordnung zu stellen.

§. 35.

Faulhaber, Wallis, Newton, Jacob Bernoulli, de Lagny, Kästner, Euler, Maclaurin, Pasquich, Lorgna, Büsse, Hindenburg, Pfaff u. a. haben die arithmetischen Reihen, besonders die Reihen höherer Ordnung, mit vielen Untersuchungen und Entdeckungen bereichert; sie gaben zugleich sehr nützliche Formeln darüber. Pascal soll ums Jahr 1665 das arithmetische Drei-

eck oder diejenige Anordnung von arithmetischen Reihen erfunden haben, welche zusammen die Form eines Dreiecks darstellen. Ein solches Zahlen-Dreieck kommt aber schon beim Girard vor. Jacob Bernoulli hat das Gesetz der figurirten Zahlen zuerst allgemein erwiesen.

Mit geometrischen Reihen (geometrischen Progressionen) haben sich schon die alten Morgenländer abgegeben. Das darf man wohl aus der bekannten Erzählung von dem Erfinder des Schachspiels schließen, welcher sich dafür von seinem Fürsten, dem er es überreichte, als Belohnung auf das erste Feld ein Gerstenkorn, auf das zweite zwei Gerstenkörner, auf das dritte vier, auf das vierte acht rc., überhaupt auf jedes nachfolgende das Doppelte des kurz vorhergehenden ausbat. So gering der Fürst zuerst diese Belohnung hielt, so sehr erstaunte er hernach, als die Berechnung auf allen 64 Feldern die ungeheure Menge Gerstenkörner zeigte, so viele nämlich, als die ganze Erde nicht in achtzehn Erndten hervorzubringen vermöchte und wenn sie auch überall in Ackerland verwandelt würde. In der Folge hat man die Reihen auf nutzbarere Gegenstände angewendet. Ihren größten Nutzen zeigten sie, in Verbindung mit den Proportionen, bei der Erfindung der Logarithmen.

§. 36.

Die Erfindung der Logarithmen ist eine der größten, welche je in der Mathematik gemacht worden sind. Den Namen Logarithme hat man aus dem Griechischen hergenommen, und zwar von λογων αριθμος, welches so viel als Anzahl der Verhältnisse bedeutet. Wenn man nämlich irgend eine geometrische Progression hat, deren erstes Glied 1 ist, z. B.

$$1 \quad 2 \quad 2^2 \quad 2^3 \quad 2^4 \quad 2^5 \quad 2^6 \ldots$$
$$= 1 \quad 2 \quad 4 \quad 8 \quad 16 \quad 32 \quad 64 \ldots$$

oder auch

$$1 \quad 10 \quad 10^2 \quad 10^3 \quad 10^4 \quad 10^5 \ldots$$
$$= 1 \quad 10 \quad 100 \quad 1000 \quad 10000 \quad 100000 \ldots$$

u. s. w.;

so kann man jedes Glied einer solchen Reihe als zweites Glied eines aus der Basis der Reihe (z. B. 1:2; 1:10 rc.) zusammengesetzten Verhältnisses ansehen. Der Exponent zeigt dann die Zahl der einfachen Verhältnisse an, welche das zusammengesetzte Verhältniß ausmachen. So wäre das fünfte Glied in der Reihe

$$1 \quad 2^1 \quad 2^2 \quad 2^3 \quad 2^4 \quad 2^5 \quad 2^6 \ldots$$

$= 2^4$. Dieses Glied zeigte an, daß es entstanden wäre aus der vierfachen Verbindung des Verhältnisses 1 : 2; nämlich

$$\begin{array}{c} 1 : 2 \\ 1 : 2 \\ 1 : 2 \\ 1 : 2 \\ \hline = 1 : 2^4. \end{array}$$

So würde ferner das siebente Glied derselben Reihe, 2^6 aus der sechsfachen Verbindung des Verhältnisses 1 : 2 entstanden seyn. Und so in allen übrigen Fällen.

§. 37.

Wenn man unter irgend eine geometrische Reihe, deren erstes Glied 1 ist, die Reihe der natürlichen Zahlen, von 0

an, schreibt, so erhält man ein logarithmisches System; z. B.

1	2	4	8	16	32	64 . . .
0	1	2	3	4	5	6

Die Reihe der natürlichen Zahlen macht die Exponenten der geometrischen Progression aus, nämlich

$2^0 \quad 2^1 \quad 2^2 \quad 2^3 \quad 2^4 \quad 2^5 \quad 2^6 \ldots$

(wo, wie immer, 2^0 so viel als 1 ist). Da nun diese Exponenten

0 1 2 3 4 5 6 . . .

welche das Vielfache der Zusammensetzung des Grundverhältnisses andeuten, die Logarithmen der ihnen zugehörigen Glieder sind, so ist auch jedes Glied aus der Reihe der natürlichen Zahlen der Logarithme desjenigen Gliedes der Reihe, unter welchem jenes Glied steht. So wäre z. B. in obiger Reihe 0 der Logarithme von 1; 1 der Logarithme von 2; 2 der Logarithme von 4; 3 der Logarithme von 8; 4 der Logarithme von 16 u. s. w. So wäre in dem logarithmischen Systeme

1	10	100	1000	10000	100000
0	1	2	3	4	5

0 der Logarithme von 1; 1 der Logarithme von 10; 2 der Logarithme von 100; 3 der Logarithme von 1000; 4 der Logarithme von 10000 u. s. w. Das geometrische Reihen-Glied, zu welchem irgend ein Logarithme gehört, wird Zahl des Logarithmen genannt. Uebrigens kann es, wie man leicht einsieht, so viele verschiedene logarithmische Systeme geben, als es geometrische Progressionen giebt. Das zuletzt aufgeführte, wo die Zahlen Potenzen der 10 sind, ist unter dem

Namen **gemeines logarithmisches System** oder **Briggisches System** das wichtigste unter allen.

§. 38.

Wenn nun aber in dem zuletzt genannten Systeme 1 der Logarithme von 10; 2 der Logarithme von 100; 3 der Logarithme von 1000 u. s. w. ist, welches sind denn die Logarithmen derjenigen Zahlen, die zwischen 1 und 10, zwischen 10 und 100, zwischen 100 und 1000, zwischen 1000 und 10000 rc. fallen?

Leicht sieht man ein, daß der Logarithme aller zwischen 1 und 10 fallenden Zahlen ein Bruch, aller zwischen 10 und 100 fallenden Zahlen 1 und ein Bruch, aller zwischen 100 und 1000 fallenden Zahlen 2 und ein Bruch, aller zwischen 1000 und 10000 fallenden Zahlen 3 und ein Bruch rc. seyn muß. Aber was für ein Bruch? Das wurde von dem Erfinder der Logarithmen auf folgende Art ausgemittelt.

Man sucht so genau wie möglich zwischen je zwei benachbarten Zahlen, wie 0 und 10, 10 und 100, 100 und 1000 rc. die mittlere **geometrische**, sowie zwischen je zwei zu jenen Zahlen gehörigen Logarithmen die mittlere **arithmetische Proportionalzahl**. Alsdann ist letztere der Logarithme von der gefundenen geometrischen Proportionalzahl. Die gefundene Zahl und den gefundenen Logarithmen schiebt man nun zwischen die Glieder ein, womit man operirt hatte. So macht man es beständig fort mit allen benachbarten Zahlen und Logarithmen; auch mit den neu erhaltenen, die nun gleichfalls zu dem logarithmischen System gehören. Die gefundenen Glieder werden immer wieder in die Stelle, wohin sie gehören, eingeschoben.

§. 39.

Wenn man auf diese Art fortfährt, immer Glieder zwischen Glieder einzuschieben, so sind die eingeschobenen Glieder der geometrischen Reihe lauter Irrational=Quadratwurzeln; die eingeschobenen Glieder der arithmetischen Reihe (die eingeschobenen Logarithmen) lauter Brüche, die man bis auf zehn Milliontheile, oder bis auf hundert Milliontheile, oder bis auf tausend Milliontheile ꝛc. genau suchen kann. So ist man durch fortgesetztes Einschieben im Stande, die nächsten Glieder einander immer näher zu bringen.

Nun wird man unter den unzählich vielen eingeschobenen Gliedern der geometrischen Reihe oder der Zahlen des logarithmischen Systems auch solche Irrational=Quadratwurzeln finden, welche den zwischen die Glieder der Hauptreihe fallenden Zahlen so nahe kommen, daß man sie ohne merklichen Fehler dafür annehmen kann, z. B. eine für 2, eine andere für 3, eine dritte für 4, eine vierte für 5, eine fünfte für 6 ꝛc. Sucht man solche eingeschobene Glieder unter den unzählich vielen andern der geometrischen Reihe heraus und nimmt man die ihnen zugehörigen Glieder der arithmetischen Reihe als ihre Logarithmen dazu, ein Verfahren, welches man Interpolationsmethode nennt, so kann man daraus logarithmische Tafeln zusammensetzen, deren Nutzen in der ganzen Mathematik unbeschreiblich ist.

§. 40.

Schon Archimedes vereinigte, bei seiner Sandrechnung, eine arithmetische Reihe mit einer geometrischen. Auch er wußte schon, daß, wenn die Glieder einer geometrischen Reihe in einer geometrischen Proportion stehen, die darunter befind=

lichen Glieder der arithmetischen Reihe arithmetisch proportional sind, und daß man die Produkte von ein Paar Gliedern der geometrischen Reihe erhalten kann, wenn man die darunter stehenden Glieder der arithmetischen Reihe summirt, wo dann über der Zahl, welche die Summe anzeigt, das verlangte Produkt steht.

Auch Stifel verband eine arithmetische Reihe mit einer geometrischen und zeigte die Analogie zwischen Produkten, Quotienten, Potenzen und Wurzeln in der geometrischen mit Summen, Unterschieden, Vielfachen und Theilern in der arithmetischen. Er blieb aber nur bei den Zahlen der angenommenen Reihe stehen, ohne Einschaltungen zu versuchen. Und so fanden vor der Erfindung der eigentlichen Logarithmen noch viele Liebhaber der Arithmetik einen angenehmen Zeitvertreib in der Vergleichung der arithmetischen und geometrischen Progressionen.

§. 41.

Der Schottländer Johann Neper (eigentlich Napier) Baron von Merchiston war der erste, welcher im Jahr 1614 der Welt logarithmische Tafeln übeegab; er hatte also die eigentlichen Logarithmen erfunden. Diese Erfindung wurde von allen Mathematikern, besonders von den Astronomen, mit Begierde und dem größten Beifall aufgenommen; denn noch wenige Jahre vorher hatten die Sternkundigen sich sehr viele Mühe gegeben, eine Abkürzung des vielen beschwerlichen Multiplicirens, Dividirens und Wurzel-Ausziehens zu erfinden. Verwandlung des Multiplicirens in das Addiren, des Dividirens in das Subtrahiren, der Erhebung auf eine gewisse Potenz in's Multipliciren mit dem Exponenten, des

Wurzel-Ausziehens in das Dividiren mit dem Grade der Wurzel machte den Gebrauch der logarithmischen Tafeln schon von großer Wichtigkeit; noch wichtiger aber war ihr Gebrauch in der Trigonometrie zum leichten Auffinden aller trigonometrischen Linien und aller Winkel.

In der That war Neper's Beschreibung von seinem logarithmischen Canon ein so wichtiges Buch, als seit vielen Jahrhunderten keins über irgend einen Zweig der Mathematik geschrieben worden war.

§. 42.

Gleich nach Nepers Erfindung interessirte sich kein Mathematiker mehr für dieselbe, als der Engländer Heinrich Briggs. Allenthalben machte er sie mit den größten Lobsprüchen bekannt; er selbst machte die Logarithmen Tag und Nacht zu seiner vornehmsten Beschäftigung; auch hielt er Vorlesungen darüber. Was aber das wichtigste war, so änderte Briggs selbst Nepers logarithmisches System so vortheilhaft um, daß es in diesem Zustande bis auf den heutigen Tag von allen Mathematikern als das brauchbarste angenommen wurde und schwerlich auch je einer wesentlichen Veränderung unterworfen seyn dürfte.

Briggs war im Jahr 1560 von niedrigen Eltern geboren und im Jahr 1596 zum ordentlichen Professor der Geometrie am Greshams College in London ernannt worden. Vorzüglich beschäftigte er sich mit der Astronomie, und gewiß sichert ihm die Verbesserung, welche er mit den Logarithmen vornahm, den ehrenvollesten Nachruhm der Welt. Er war es, der den Logarithmus von 1 zuerst = 0, und den Logarithmus Sinus totus = 1000 annahm. In einem Briefe machte er

dies Nepern zuerst bekannt; hernach reiste er, im Sommer 1616, selbst zu ihm und hielt sich einen ganzen Monat bei ihm auf. Nepern gefiel die Aenderung sehr, welche Briggs mit den Logarithmen vorgenommen hatte. Briggs berechnete nach seiner Rückkunft das erste tausend Logarithmen und gab sie zu London als Vorgeschmack seines größern Werks heraus. Da dieses in lateinischer Sprache erschienen war, so übersetzte es Eduard Wright ins Englische. Vor der Herausgabe schickte er es Nepern zur Prüfung; aber ehe es unter die Presse kam, starb Wright. Indessen brachte es Wrights Sohn im Jahr 1616 gedruckt ins Publikum. Briggs hatte eine Vorrede dazu geschrieben. Neper starb im Jahr 1618, nachdem Briggs ihn noch einmal besucht hatte. Nepers Sohn gab seines Vaters Buch im Jahr 1619 zum zweitenmal heraus.

§. 43.

Briggs logarithmische Tafeln erschienen in London zum erstenmale im Jahr 1624. Wenn man die ungeheure Mühe bedenkt, welche das beständige Suchen von mittlern Proportionalzahlen und das Interpoliren (§. 39.) machen mußte, so kann man es wohl glauben, daß dem Brigg ein ganzes Jahr noch sieben Personen an der Berechnung dieser Tafeln haben helfen müssen. Es waren noch bedeutende Lücken darin, welche ein fleißiger Holländer, Arian Vlacq in Gouda, im Jahr 1628 nach Briggs Vorschrift zuerst ausfüllte. Die Tafeln desselben enthielten die Logarithmen der ersten hunderttausend Zahlen, und zugleich trigonometrische für die Sinusse, Tangenten und Sekanten für den Halbmesser Zehntausendmillionen.

In Deutschland war Jobst Byrg (auch Justus Byrgius genannt) der erste, welcher, ohne etwas von Nepers und Briggs Erfindung zu wissen, logarithmische Tafeln berechnete uad sie im Jahr 1620 zu Prag herausgab. Sie hatten aber bei weitem die Vollkommenheit nicht, welche man schon an denjenigen jener Britten rühmen konnte. Auch nannte sie Byrg nicht Logarithmen; er unterschied Zahlen und Logarithmen durch die Farbe des Drucks, schwarze und rothe. Benjamin Ursinus, Lehrer an einem Gymnasium in Berlin, machte sich mit Nepers und Briggs Erfindungen genau bekannt, und lieferte im Jahr 1624 genauer berechnete Logarithmen.

§. 44.

Der berühmte deutsche Astronom Kepler nahm Nepers Erfindung mit dem größten Beifall auf. Da er aber auf einer im Jahr 1621 durch Oberdeutschland unternommenen Reise gewahr wurde, daß manche Gelehrte es für ächte Mathematiker nicht schicklich hielten, von den Logarithmen, als Abkürzungen des Rechnens, viel Wesens zu machen, und da manche den Grund, worauf die Logarithmen beruhen, für zu unsicher hielten, so suchte er sie eines andern zu belehren und legte ihnen, sowie der ganzen mathematischen Welt, im Jahr 1624 einen gründlichen Beweis von der Vortrefflichkeit der Neperschen Erfindung vor. Er selbst lieferte dabei eine Tafel von den Logarithmen der Sinus, die namentlich in England sehr geschätzt wurde.

Wenn auch diese Keplerschen Logarithmen dieselben wie die Neperschen sind, so ist doch bei ihnen die Anordnung in den Tafeln anders. Die Sinusse gehen in arithmetischer Pro-

gression nach Zehntausenden fort, den Sinus totus = 10 Millionen gesetzt. Selbst nach des Engländers Hutton Urtheil ist Keplers Theorie ausführlicher und kunstgerechter, wie die Nepersche; aber sein Vortrag ist nicht so deutlich. Auch die Berechnungsart, welche Kepler zur Darstellung der Logarithmen ersonnen hat, ist beschwerlicher.

§. 45.

Sowohl die logarithmischen Tafeln für gemeine Zahlen, als auch diejenigen für die trigonometrischen Linien (§. 128 f.) hat man in der Folge vollständiger, genauer und in besserer Ordnung zu liefern gesucht. Schon im Jahr 1633 brachten die Engländer Roe und Wingate neue logarithmische Tafeln aus Licht; der Deutsche Strauch im Jahr 1662. Der in England lebende holsteinische Gelehrte Nicolaus Mercator (eigentlich Kaufmann, indem damals die deutschen Gelehrten ihre Namen gern Lateinisch machten) gab im Jahr 1668 zu London ein Werk über Logarithmen (Logarithmotechnia) heraus. In diesem Werke machte er ein neues Verfahren bekannt, Logarithmen leicht und genau zu berechnen, ohne das, zur Findung einer mittlern geometrischen Proportionalzahl erforderliche, Ausziehen von Wurzeln nöthig zu haben. Sein Verfahren gründete sich ganz auf die Messung der Verhältnisse durch ein sehr kleines Verhältniß. Denn das Verhältniß 10 : 1 theilte er in Zehnmilliontheile; und von allen diesen kleinen Zwischen-Verhältnissen suchte er die Logarithmen vornehmlich nach dem Satze, daß die Maaße der Verhältnisse, deren Glieder gleiche Unterschiede haben (d. h. die Unterschiede der Logarithmen der Glieder) beinahe umge-

kehrt wie die arithmetischen Mittel zwischen den Verhältniß-Gliedern sich verhalten.

Die natürlichen Logarithmen nannte man auch hyperbolische, weil sie mit der Quadratur der Hyperbel zusammenhängen. Mercator fand diese Quadratur der Hyperbel durch eine unendliche Reihe mittelst der Division zuerst. Auch Newton gerieth für sich auf dieselbe Erfindung, sowie fast um dieselbe Zeit Jacob Gregory, Newtons Landsmann.

§. 46.

Der berühmte Halley ließ in den englischen Transactionen für das Jahr 1695 eine Abhandlung drucken, worin er die Logarithmen auf die bequemste Art, ohne Rücksicht auf die Hyperbel, berechnen lehrte, und zugleich die ganze Theorie derselben entwickelte. Er gründete seine Theorie ganz auf die Zusammensetzung der Verhältnisse; und so setzte er das Verhältniß zweier Zahlen aus einer unzähligen Menge von Elementar-Verhältnissen zusammen. Er bekam auf diese Art logarithmische Reihen, wobei er den binomischen Lehrsatz trefflich anwenden konnte.

Euler trat zuerst in Halleys Fußstapfen. Er brachte zugleich mancherley neue Vortheile ans Licht, die Logarithmen der trigonometrischen Linien kürzer, als bisher, zu finden. Schade! daß alle diese Kunstgriffe etwa hundert Jahre später erfunden wurden, als die ersten logarithmischen Tabellen schon höchst mühsam fertig gemacht worden waren. Mancherley scharfsinnige analytische Formeln zur Berechnung der Logarithmen verdankten wir später dem la Grange und dem l'Huilier.

§. 47.

Die logarithmischen Tafeln des Franzosen Ozanam vom Jahr 1685 wurden eine Zeitlang in Frankreich geschätzt; in Deutschland wurden es später, und zwar vom Jahr 1755 an, die Tafeln des Wolf. Die von Rivard im Jahr 1743 zum erstenmal und im Jahr 1777 von Unterberger und Pichler in Wien von Neuem verbessert erschienenen waren vollständiger, aber doch nicht so gemeinnützig, als die Wolfschen. Noch berühmter wurden diejenigen des Engländers Schervin, die im Jahr 1742 zum erstenmal herauskamen. In Deutschland wurden später die Tafeln des Schulze in Berlin vom Jahr 1778, und diejenigen des Vega in Wien vom Jahr 1783 am bekanntesten, namentlich die verschiedenemal aufgelegten des Vega, größere und kleinere, welche, außer den Logarithmen für die trigonometrischen Linien, diejenigen für die gemeinen Zahlen von 1 bis 100499 enthalten, während die Schulzeschen bis 101000 gingen. Die Tafeln des Callet in Paris, welche sich bis zu der Zahl 102960 erstreckten, waren vorzüglich bequem geordnet.

Die Logarithmen bis auf viele Decimalstellen genau zu erhalten, war das Bestreben mehrerer Mathematiker des achtzehnten Jahrhunderts. Sehr weit trieb schon Adam Scharp, ein im Jahr 1742 in sehr hohem Alter gestorbener berühmter englischer Arithmetiker, die Genauigkeit der Logarithmen-Bestimmung. Er berechnete die Logarithmen vieler Zahlen schon bis auf 60 Decimalstellen. Flamstead, Halley und andere Mathematiker seiner Zeit benutzten ihn häufig zu verwickelten und mühsamen Rechnungen.

§. 48.

Der im Jahr 1742 herausgekommene logarithmische Canon des James Dodson enthielt die Logarithmen aller Zahlen unter 100000 bis auf eilf Ziffern, und zwar mit ihren Unterschieden und Proportionaltheilen. Die Berechnungen machte Dodson durch unzähligemal wiederholte Einschaltungen. Der Holländer Wolfram berechnete die natürlichen Logarithmen aller Primzahlen unter 10000 bis auf 48 Decimalstellen. In Schulzens und Vega's (größern) Tafeln sind die Resultate dieser Bemühungen des Wolfram für die Nachwelt aufbewahrt.

Der wohlbekannte deutsche Arithmetiker von Clausberg lieferte im Jahr 1744 logarithmische Tafeln bis auf 32 Decimalstellen; die von Clark im Jahr 1770 verbesserten Schervinschen Tafeln aber enthielten die Logarithmen bis auf 60 Decimalstellen. In den Anwendungen des gemeinen Lebens kommt, außer in dem Falle, wo man Logarithmen von Potenzen sucht, es nicht häufig vor, daß man Logarithmen auf mehr als 7 Decimalstellen nöthig hätte. Einige Ausgaben logarithmischer Tafeln haben sogar von den sieben Decimalstellen eine oder ein Paar entbehrlich gehalten. Mit Logarithmen von 5 Decimalstellen, wie z. B. diejenigen des Engländers Patouns vom Jahr 1730, führte selbst Tobias Mayer seine astronomischen Rechnungen. Diejenigen des Moritz von Prasse vom Jahr 1810 mit nur 3 Decimalstellen können zu gemeinerm Gebrauch, z. B. zum gewöhnlichen Feldmessen ꝛc. hinlänglich seyn.

§. 49.

Durch Anhalten oder Anpassen von besonderen mit Zah-

len versehenen Linien, geraden Linien und Kreislinien, an andere solche Linien, hat man schon vor mehreren Jahrhunderten gesucht, die Multiplication und Division, hauptsächlich mit großen Zahlen, zu verrichten, um dadurch diese Rechnungsarten ganz leicht, gleichsam mechanisch, zu machen und dem Gedächtniß zu Hülfe zu kommen. Darauf gründete sich die Erfindung von Recheninstrumenten und Rechenmaschinen, wodurch man Aufmerksamkeit sparen wollte, die jede Rechnung erfordert — und wenn man auch ihre Regeln noch so gut inne hat — und Rechnungsfehler verhüten, welche aus Mangel jener Aufmerksamkeit entstehen können.

Schon die Rechenbreter der Alten (§. 22.), wie auch jetzt noch manche Völker sie mit mancherley Veränderungen anwenden, kann man hierher rechnen. Dahin gehört ferner Geygers Rechentisch vom Jahr 1609, ein großes Einmaleins. Vorzüglich berühmt aber wurden die Rechenstäbe des Neper, die dieser einige Jahre vor den Logarithmen, nämlich in den ersten Jahren des siebzehnten Jahrhunderts, erfand. Neper schrieb nämlich die Kolumnen des Einmaleins, wovon jede die Vielfachen einer Ziffer enthielt, auf Streifen Papier, und damit überzog er Seitenflächen vierkantiger Prismen. Durch ein gewisses Anhalten der Stabflächen an einander erhielt man auf einen Blick Produkte von Zahlen oder auch Quotienten, je nachdem man multipliciren oder dividiren wollte. Noch im Jahr 1798 hat Jordan zu Schorndorf im Würtembergischen diese Neperschen Rechenstäbe, deren sich selbst der berühmte Lambert beim Multipliciren und Dividiren bediente, verbessert.

Rechenmaschinen sind noch bequemer zu gebrauchen; aber sie sind auch viel kostbarer. Eine solche Maschine besteht im Allgemeinen aus einer kreisrunden Scheibe oder aus mehreren kreisrunden Scheiben, mit vielen concentrischen Kreisen, die mit Zahlen beschrieben sind, und aus einem gleichfalls mit Zahlen beschriebenen Zeiger, der sich um den Mittelpunkt der Scheibe drehen läßt, oder auch aus mehreren solchen Zeigern. Das Zeigerdrehen muß man nach bestimmten Regeln verrichten, um z. B. irgend ein Produkt mehrerer Zahlen oder einen Quotienten zu erhalten. Schon Philipp Harsdörffer hat in seinen mathematischen Erquickstunden vom Jahr 1651 eine solche Rechenmaschine geliefert. Aber viel künstlicher und mannigfaltiger war diejenige des großen Leibnitz, welche aus sechszehn Scheiben bestand, die durch Hülfe von gezahnten Rädern und Getrieben in Umdrehung gesetzt wurden. Diejenige des Pfarrers Hahn zu Echterdingen im Würtembergischen und des Müller zu Darmstadt waren noch vollkommener, besonders die letztere, welche zu den vier Species, zur Duodecimal- und Seragesimalrechnung, zur Regel de Tri, Regel de Quinque ꝛc., zur Ausziehung der Quadrat- und Kubikwurzeln, zu den Progressionen u. dgl. gebraucht werden konnte. Außer diesen Rechenmaschinen wurden noch diejenigen des Caspar Schott, des Grillet, des Poleni, des Leupold, des Schürmann, des Prahl und des Grüson bekannt. Diejenige des Grüson in Berlin vom Jahr 1792 zeichnete sich durch Einfachheit und Bequemlichkeit aus. Diejenige des Schürmann vom Jahr 1782 bestand aus Neperschen Rechenstäbchen, die um Cylinder gelegt waren, welche sich in einem Kasten um ihre Axe drehen ließen.

§. 50.

Rechenbücher sind schon seit dem Anfange des sechszehnten Jahrhunderts in sehr großer Menge zum Vorschein gekommen. Das mathematische Werk des Italieners Lucas de Burgo vom Jahr 1440 enthielt schon sowohl Theorie, als Ausübung der Rechenkunst, z. B. Regel de Tri, Regel de Quinque, Gesellschaftsrechnung ꝛc.; auch die Wechselrechnung und andere kaufmännische Rechnungen, sowie manche arithmetische Künste oder Zahlenspielereyen und Algebra. Sechszig bis achtzig Jahre später konnte man noch nicht viel mehr liefern.

Tzwivels Arithmetik vom Jahr 1507 war dürftig; besser war diejenige des Balthasar Licht vom Jahr 1513. Außer den vier Species fand man in diesem Rechenbuche die Summirung der arithmetischen Reihen, die Regel de Tri mit ganzen Zahlen und mit Brüchen, die Gesellschaftsrechnung u. dgl. Peter Apian gab im Jahr 1527 eine Unterweisung zu kaufmännischen Rechnungen. Besonders deutlich für Anfänger war das mehrmals aufgelegte Rechenbüchlein des Albert zu Wittenberg vom Jahr 1541. Gut und praktisch war auch die Arithmetik des Engländers Tonstall vom Jahr 1543, während Willichs im Jahr 1540 zu Straßburg herausgekommene Arithmetik mehr künstlich und spielend, als nützlich war. Als Rechenbücher, die praktischen Nutzen hatten, wurden in Deutschland bekannt: diejenigen des Hans von der Wehn im Jahr 1542, des Jacob Köbel im Jahr 1544, besonders aber vom Jahr 1545 an des Scheybl (oder, wie er sich auch schrieb, Scheubelius), welcher Professor der Mathematik zu Tübingen war. Dieser

geschickte Mann erläuterte überall das Praktische der Lehren mit vielen Exempeln, und empfahl zugleich immer, den Grund der Regeln aufzusuchen.

§. 51.

In demselben Jahrhundert war der Spanier Juan de Ortega als Arithmetiker berühmt. Er lehrte in seinem Buche die vier Species, die Proportionen, mit den darauf sich gründenden praktischen Rechnungen, wie Regel de Tri, Gesellschaftsrechnung, Gold- und Silberrechnung ꝛc., die Progressionen, das Ausziehen der Quadrat- und Kubikwurzeln.

Berühmte deutsche Rechner desselben Jahrhunderts waren noch Adam Riese, wohl der berühmteste in dieser Zeit, dessen erstes Rechenbuch zu Magdeburg im Jahr 1579 herauskam, und Isaac Riese, dessen Rechenbuch zu Leipzig im Jahr 1580 erschien. Vor ihnen her ging aber Michael Stifel mit seinem im Jahr 1544 zu Nürnberg ans Licht getretenen Rechenbuche, welches besonders auch von Progressionen, von musikalischen Rechnungen, von Wurzelgrößen, von verschiedenen Geldsorten, sowie von Polygonalzahlen, Pyramidalzahlen, Trigonalzahlen, von magischen Quadraten u. dgl. also auch von manchen Sachen handelte, die für das praktische Leben nicht brauchbar waren.

Auch Gemma Frisius machte sich durch eine im Jahr 1548 zu Wittenberg erschienene Arithmetik berühmt, sowie im Jahr 1556 zu Wittenberg Caspar Peucer und im Jahr 1564 Stehn zu Marburg. Ohngefähr um dieselbe Zeit oder einige Jahre später schrieben Joachim Camerarius, Bernhard Salignacus, Christian Urstisius, Johann Otthen, Christoph Clavius, Johann Pis-

cator, Andreas Helmreich, Isaac Malleolus, Sebastian Brandt, Franz Brasser, Wolfgang Hobel, Johann Sekgerwitz, Nicolaus Werner und andere ihre arithmetischen Werke.

§. 52.

Im siebenzehnten Jahrhundert war besonders Deutschland reich an Männern, welche die Rechenkunst schriftlich lehrten und dadurch manchen Nutzen stifteten. Das sieht man an den Rechenbüchern des Johann Anckelin aus Tübingen im Jahr 1602; des Sebastian Curts aus Nürnberg im J. 1608, das nachher noch vielfältig aufgelegt wurde; des Christoph Wildvogel zu Braunschweig vom Jahr 1608; des Nicolaus Kauffunger aus Frankfurt vom Jahr 1612, welches nachher noch dreimál neu gedruckt erschien; des Johann Faulhaber zu Ulm im Jahr 1614 und 1622; des Anton Neudörffer zu Nürnberg vom Jahr 1613 und nachher noch sechsmal neu aufgelegt; des Peter Krüger zu Danzig vom Jahr 1630; des Gebhard Overheyden in Hannover vom Jahr 1638; des Michael Schiller zu Nürnberg und Lüneburg im Jahr 1651; des Christoph Hager zu Hamburg vom Jahr 1651, das nachher noch vier Auflagen erlebte; des Tobias Beutel zu Danzig vom Jahr 1651 und nachher noch zehnmal neu gedruckt; des Andreas Reyser in Gotha vom Jahr 1653, welches nachher noch vierzehnmal neu aufgelegt wurde; des Andreas Deubelius in Hanau vom Jahr 1656; des Heinrich Lambeck in Hamburg vom Jahr 1661; des Heinrich Bartel in Wolfenbüttel vom Jahr 1662; des Christian Starcke zu Leipzig vom Jahr 1665 und in der Folge noch zehnmal aufgelegt; des Lo=

renz Biermann zu Leipzig vom Jahr 1666; des Georg Wendler zu Riga vom Jahr 1667; des Conrad Beuther in Augsburg vom Jahr 1670; des Friedrich Scholze von Liegnitz im Jahr 1672; des Johann Düsing von Königsberg im Jahr 1676; des Heinrich Meißner in Wien vom Jahr 1679; und noch manche andere. Der zuletzt genannte Meißner hat sich mehrere Jahre hindurch eines besonders großen Zutrauens erfreut.

§. 53.

Das achtzehnte Jahrhundert war noch reicher sowohl an praktischen Rechenbüchern, als auch an wissenschaftlichen Anleitungen zur Arithmetik überhaupt. Sehr bekannt wurde vom Jahr 1707 an durch gar viele Schriften über die Rechenkunst Christian Pescheck. Bis gegen die Mitte des achtzehnten Jahrhunderts hin waren diese Schriften beliebt, so viel Mangelhaftes sie auch noch besitzen mochten. Wissenschaftlicher und gründlicher und bis an das Ende des achtzehnten Jahrhunderts dauernd war die zu Leipzig im Jahr 1731 zuerst erschienene demonstrative Rechenkunst des Christlieb von Clausberg. Sie trug zur Verbreitung guter arithmetischer Kenntnisse in Deutschland nicht wenig bei. Auch die zu Halle im Jahr 1746 von Arnold Crusius erschienene Anweisung zur Rechenkunst gehörte unter die bessern Werke dieser Art, sowie die Rechenbücher des Gotthelf Hübsch vom Jahr 1748 eine Zeitlang geschätzt wurden.

Außer diesen Rechenbüchern gehörten bis in die Mitte des achtzehnten Jahrhunderts noch folgende unter die besten: des Wolfgang Prinz zu Sorau vom Jahr 1716; des Friedrich Wagner zu Halle vom Jahr 1721; des Mi-

chael Poetius zu Frankfurt und Leipzig im Jahr 1728 erschienene Anweisung zur arithmetischen Wissenschaft; des Andreas Feist zu Breslau im Jahr 1735 zuerst herausgekommene Arithmetik; des Erdmann Schröters zu Leipzig im Jahr 1745 ans Licht gekommene Rechenkunst; des Andreas Creuzbergers im Jahr 1747 zu Züllichau erschienenes Rechenbuch; u. s. w.

§. 54.

Nach der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts wurden vom Jahr 1757 an die Rechenbücher des Salomon Haas zu Darmstadt geschätzt. Besonders deutlich und praktisch waren die Rechenbücher von Simon Baum im Jahr 1771; von dem Hannövrischen Goldschmied Schmid im Jahr 1774; von Reimer im Jahr 1776; von Heinatz im Jahr 1777; von Vicum im Jahr 1779; von Metternich im Jahr 1783; von Splittegarb im Jahr 1784; von Michelsen im Jahr 1785; von Busse im Jahr 1786; von Kästner im Jahr 1786; von Kroymann im Jahr 1787; von Roscher im Jahr 1788; von Brodhagen im Jahr 1790; von Schellenberg im Jahr 1798; von Wagner im Jahr 1803; von Gelbke im Jahr 1809; von Rockstroh im Jahr 1810; von Günther im Jahr 1818; von Desaga im Jahr 1827; und manche andere.

Durch kaufmännische Kunstgriffe im Rechnen, sogenannte kaufmännische Rechenbücher und Tafeln, hatten sich außer Clausberg, im Jahr 1731 Graumann, seit dem Jahr 1752 Nelkenbrecher, im J. 1776 Reimer und Pflugbeil, im Jahr 1782 Cruse, im Jahr 1783 Raphael Le=

vi und Meyer Aaron, im Jahr 1813 Chelius u. a. manche Verdienste erworben.

Eine wissenschaftlichere Bearbeitung der Arithmetik, besonders auch als Hülfsmittel beim Unterricht in dieser mathematischen Disciplin, ist in jenem Zeitraume von sehr vielen Männern mit Glück versucht worden, z. B. von Maler im Jahr 1765; von Karsten im Jahr 1775; von Hauff im Jahr 1793; von Fischer im Jahr 1796; von Pöhlmann im Jahr 1803; von Rothe im Jahr 1804; von Kries im Jahr 1805; von Schön im Jahr 1805; von Tobler im Jahr 1806; von Ohm 1818 und von mehreren andern.

§. 55.

Der Unterricht im Kopfrechnen beschäftigte mehrere Arithmetiker, hauptsächlich Schulmänner, noch besonders und erzeugte manche brauchbare Schriften darüber, z. B. von Biermann im Jahre 1795 und 1800; von Köhler im Jahr 1797; von Gneiting, von Meyer und von Wagner im Jahr 1800; von Ries im Jahr 1802; von Arendt im Jahr 1806; von Zwinkau im Jahr 1809 und andern. Allerley Hülfsmittel für Anfänger im Rechnen wurden in Schulen eingeführt, wie im Jahr 1793 die Exempeltafeln des Junker; im Jahr 1799 diejenigen des Käppel; im Jahr 1800 diejenigen des Oelsner; im Jahr 1803 diejenigen des Köhlein; im Jahr 1808 diejenigen des Arendt und des Baumgarten u. a. Die Methode, den Kindern nach Pestalozzischer Art das Rechnen zu lehren, beschrieb vom Jahr 1803 an Pestalozzi in verschiedenen Schriften selbst; aber auch Schmid, Ries, Ladomus, Hoffmann

und andere gaben Unterricht darin. Tillichs Lehrbuch für ähnliche Zwecke vom Jahr 1806 hatte viel Eigenthümliches.

§. 56.

Johann Caramuel, Bischof von Campagna und Satriano im Königreich Neapel, gab im Jahr 1670 das dyadische Zahlensystem oder dasjenige System an, wo man die Zahlen in Classen von zweifach steigenden Einheiten, wovon jede Classe zwei enthält, so vertheilen soll, daß zwei Einheiten einer Classe eine Einheit der nächst höhern Classe ausmachen. Ohne von dieser Erfindung etwas zu wissen, gerieth Leibnitz einige Jahre später auf dasselbe System. Indessen scheint es, daß schon vor mehreren tausend Jahren die alten Chineser sich eines ähnlichen Systems zum Zählen und Zahlenschreiben bedient haben. Zur praktischen Rechnung ist es nicht brauchbar.

Der scharfsinnige Werneburg in Jena gab sich vom Jahr 1800 an alle Mühe, das Zehn-Zahlensystem, welches man seit Jahrtausenden für das beste erkannte, durch das Zwölf-Zahlensystem, welches er Teliosadik nannte, zu verdrängen. Er suchte es in mehreren Schriften mit vielem Scharfsinn zu beweisen, daß letzteres das vollkommenste aller Zahlensysteme sey, sowohl für die Mathematik, als auch für die Anwendungen des bürgerlichen Lebens. Aber Niemand konnte und wollte auf seine Stimme hören. Welche Umwälzungen in der Mathematik sowohl, als im gemeinen Leben würde es auch hervorgebracht haben, wenn er Recht gehabt hätte und man ihm hätte folgen wollen!

Zweiter Abschnitt.

Die Geschichte der Geometrie.

§. 57.

Die Feldmeßkunst gab der Geometrie ihren Ursprung, wie auch schon der Name dieser Wissenschaft anzeigt, welchen die Griechen ihr gegeben haben. Denn γη heißt die Erde und μετρειν messen, also gleichsam die Wissenschaft, welche lehrt, Stücke der Erde (der Erdoberfläche) zu messen. Nach Herodots Erzählung gab der ägyptische König Sesostris jedem seiner Unterthanen gleich viel Land, damit jeder gleich viele Abgaben zu leisten hätte. Verlor einer derselben durch Ueberschwemmung des Nils etwas von seinem Antheile, so mußte ein Feldmesser untersuchen, wie viel er verloren hatte, um die Abgabe darnach zu vermindern. So hätte also damals, etwa tausend Jahre vor Christi Geburt, schon Geometrie existirt. Aber wie viel früher sie schon da gewesen, kann man aus jener Erzählung des Herodots freilich nicht abnehmen.

Zu Sesostris Zeit war auf jedem Fall die Geometrie in Aegypten schon zu Hause. Aber die Kenntnisse darin mußten doch noch ziemlich dürftig seyn. Denn Thales, der 640 vor Christi Geburt zu den Aegyptiern gereist war, um von ihren Priestern Geometrie zu lernen, hatte selbst noch die ersten Sätze der Geometrie zu erfinden; ja er soll den Aegyptiern selbst, wie Diogenes Laertius und Plutarchus erzählen, das Verfahren gelehrt haben, die Höhe der Pyramiden mittelst des Schattens zu messen.

§. 58.

Auf jedem Fall hatte Thales schon viele schöne Kenntnisse in der Geometrie. Nach Proclus Erzählung fand er zuerst, daß in gleichschenklichten Dreiecken die Winkel an der Grundlinie gleich groß sind; daß die Scheitelwinkel gleich sind; daß diejenigen Dreiecke gleich sind, die eine gleiche Seite und die an dieser Seite liegenden Winkel gleich haben; daß ein Kreis von seinem Durchmesser in zwei gleiche Theile getheilt wird. Auch schreibt man ihm die erste Anwendung der Peripherie des Kreises zur Messung der Winkel zu; und für den von ihm erfundenen Satz, daß jeder Winkel am Umfange in einem Halbkreise ein rechter sey, soll er den Musen einen Ochsen geopfert haben.

So wichtig nun auch die geometrischen Erfindungen des Thales waren, so hat doch Pythagoras, 580 Jahre vor Christi Geburt, einen noch unsterblichern Namen in der Geometrie erhalten, und zwar schon allein durch den von ihm entdeckten Satz: daß in jedem rechtwinklichten Dreiecke das Quadrat der Hypothenuse gerade so groß ist, als die beiden Quadrate der Catheten zusammengenommen. Wie viele andere wichtige Sätze und Aufgaben flossen nicht wieder aus diesem einzigen Satze ab? Pythagoras sah auch schon ein, daß der Kreis unter allen ebenen Figuren gleichen Umfangs den größten Inhalt, und die Kugel unter allen Körpern mit derselben Oberfläche den größten Raum einnehme.

§. 59.

Oenopides von Chios soll 500 Jahre vor Christi Geburt der Erfinder von einigen einfachen geometrischen Aufgaben gewesen seyn, z. B. von folgenden: einen Winkel zu construiren, der einem andern gleich ist; einen Winkel in zwei gleiche Theile zu theilen; von einem gegebenen Punkte ein Perpendikel auf eine Linie zu fällen, u. s. w. Zenodorus, sein Schüler, ging noch weiter. Er zeigte unter andern auch die Falschheit der Meinung, welche man bisher hatte, daß Figuren von gleichem Umfange auch gleichen Inhalt haben müßten. Er war der erste unter den Alten, von welchem noch jetzt (beim Theon in seinem Commentar über den Ptolemäus) eine geometrische Schrift vorhanden ist. — Von dieser Zeit an machte die Geometrie immer größere Fortschritte. Auch fing man damals in der pythagoräischen Schule die Untersuchungen über die regulären Körper an.

Ausgezeichnet durch seine geometrischen Kenntnisse war, 450 Jahr vor Christi Geburt, Hippocrates von Chios. Die Quadratur seiner mondförmigen Figuren ist noch immer bekannt. Er entdeckte dadurch zuerst die Gleichheit eines von krummen Linien eingeschlossenen Raums mit einem von geraden Linien eingeschlossenen. Er schrieb auch Elemente der Geometrie, die zu seiner Zeit viel galten, aber durch Euclids Elemente selbst überwunden und der Vergessenheit Preis gegeben wurden. Er machte sich auch an das nachher so berühmt gewordene Problem von der Verdoppelung

des Würfels. Es sollte nämlich bei dieser Aufgabe ein Würfel hervorgebracht werden, welcher, dem Inhalte nach, genau das Doppelte von einem gegebenen Würfel wäre. Man nannte die Aufgabe auch das Delische Problem, von dem Orakel des Apolls zu Delos, welches, zur Besänftigung des Zorns der Gottheit über einen gewissen Vorfall, den Altar verdoppelt haben wollte. Hippocrates soll hier, um den Orakelspruch zu lösen, die Entdeckung gemacht haben, daß es bei der Auflösung darauf ankomme, zu zwei gegebenen geraden Linien zwei mittlere Proportionallinien zu finden, wovon dann die eine die Seite des gesuchten Würfels sey. Menächmus hat später die Kegelschnitte zur Auflösung desselben Problems anzuwenden gesucht.

§. 60.

Immer weitere Fortschritte that nunmehr die Geometrie. Mit großem Eifer bearbeitete sie hauptsächlich Plato, 400 Jahr vor Christi Geburt. Zwar ist von diesem Weltweisen keine geometrische Schrift auf die Nachwelt gekommen; aber von andern Schriftstellern des Alterthums wissen wir, daß er der Geometrie unter allen menschlichen Kenntnissen die erste Stelle einräumte, und daß sie den vornehmsten Gegenstand des Lehr-Unterrichts ausmachte, den er seinen Schülern gab. Immer suchte er sie mit der Philosophie zu verbinden. Er hatte ja sogar über die Thür seines Hörsaals die Worte geschrieben: Kein in der Geometrie Unkundiger trete herein! — Theodor von Cyrene war Plato's Lehrer in der Geometrie; und aus dem großen Lobe, welches Plato ihm beilegt, darf man wohl schließen, daß der Lehrer manchen

Antheil an den großen Enedeckungen hatte, die der Schüler theils vorbereitete, theils ausführte.

Vor Plato war der Kreis die einzige krumme Linie, welche in der Geometrie betrachtet wurde. Er aber führte in dieselbe auch die Kegelschnitte oder diejenigen berühmten krummen Linien ein, welche sich auf der Oberfläche eines Kegels bilden, den man mit Ebenen in verschiedenen Lagen durchschneidet. Als eigentlicher Erfinder der Kegelschnitte (der Ellipse, Parabel und Hyperbel), welche Plato allgemeiner machte, wird gewöhnlich Menächmus angegeben, der auch mehrere vorzügliche Eigenschaften derselben entdeckte. Aristäus schrieb in der Folge fünf, und Apollonius acht Bücher darüber. — Plato hatte auch das Problem von der Verdoppelung des Würfels auf mechanische Art mittelst eines Instruments aufzulösen versucht.

§. 61.

Eudoxus aus Cnidus wird von Archimedes als der Erfinder verschiedener wichtiger Sätze in der Stereometrie (der Lehre von der Meßkunst der Körper) angeführt, z. B. daß jede Pyramide der dritte Theil von einem Prisma sey, das mit ihr gleiche Grundfläche und Höhe hat, sowie jeder Kegel der dritte Theil von einem Cylinder, der mit ihm gleiche Grundfläche und Höhe besitzt. Derselbe Geometer hat sich auch mit manchen krummen Linien beschäftigt, und das Problem von der Verdoppelung des Würfels durch eine besondere von ihm erfundene Curve gelößt. Er schrieb auch Anfangsgründe der Geometrie und erweiterte die Lehre von den Proportionen. Deswegen meinten Einige, das fünfte

Buch des Euclides rühre von ihm her. Eratosthenes schätzte ihn sehr.

Aristäus der Aeltere erwarb sich unter den alten Mathematikern einen bedeutenden Rang. Ueber die Kegelschnitte schrieb er fünf Bücher; und sein Werk über die körperlichen Oerter hielt Pappus für eins der Hauptwerke, die man studiren müsse, um sich in der geometrischen Analysis Fertigkeit zu erwerben. Die körperlichen Oerter betreffen übrigens Auflösungen von Aufgaben, welche aus Durchschnitten von Körpern mit Ebenen entstehen. Eigentlich beruht diese Lehre auf der Lehre von den Kegelschnitten. Sie trat mit der Analysis bei ihrer weiteren Ausbildung in die engste Verbindung.

§. 62.

Nun erschien, 300 Jahre vor Christi Geburt, Euclides und lieferte seine Elemente der Geometrie und Arithmetik, die sich durch ihre Gründlichkeit uud streng wissenschaftliche Anordnung den ausgezeichnetsten Beifall erwarben, der sich auch noch bis auf unsere Zeiten erhalten hat und wohl bis ans Ende der Welt erhalten wird.

Euclides theilte sein Werk in fünfzehen Bücher ein, von denen eilf zur reinen Elementar-Geometrie gehören, die vier übrigen aber arithmetischen Inhalts sind. Die letzten zwei Bücher dieser Elemente hält man mit ziemlicher Gewißheit für eine Arbeit des Hypsikles, eines alexandrinischen Mathematikers aus dem zweiten Jahrhundert. Mehrere Jahrhunderte hindurch wurden Euclids Elemente in allen Schulen der Mathematiker ausschließlich studirt; in alle Sprachen wurden sie übersetzt und darin erläutert, wie

man hauptsächlich aus dem Verzeichniß derselben sieht, welches der verdienstvolle Scheibel in Breslau in seiner mathematischen Bücher-Kenntniß lieferte. Die Hauptausgabe derselben und aller noch vorhandenen Schriften des Euclides überhaupt, der auch mehrere, zum Theil verloren gegangene Werke lieferte, die über die Elemente hinaus gingen, wurde die Oxforder vom Jahr 1703 des David Gregory. Eine sorgfältige deutsche Uebersetzung aller fünfzehen Bücher lieferte Lorenz am Ende des vorigen Jahrhunderts. Auch in der neuesten Zeit erschienen in Deutschland mehrere Ausgaben. Die bemerkenswertheste darunter ist die vom Jahr 1825 von Camerer und Hauber. Zu unserer Zeit und in unserm Vaterlande hat sich wohl Niemand größere Verdienste um die Mathematik der Alten erworben, als der vortreffliche Pfleiderer in Tübingen.

§. 63.

Euclids Elemente enthalten unter andern auch alle diejenigen Sätze, welche nöthig sind, um die Peripherie und den Flächenraum geradlinichter Vielecke, sowie die Oberfläche und den körperlichen Inhalt der von geradlinichten ebenen Figuren begränzten Polyeder zu finden. Aber das Verfahren, den Umfang des Kreises zu messen, ist bei ihm nicht anzutreffen, obgleich er in manche nähere Untersuchung über die Eigenschaften jener krummen Linie, sowie über den verschiedenen Gebrauch derselben zur Bestimmung und Vergleichung der Winkel eingegangen ist. Freilich zeigt er, daß die Peripherien zweier Kreise sich wie die Durchmesser verhalten und ihre Flächen wie die Quadrate der Durchmesser. Er giebt an,

daß der Inhalt eines Cylinders gleich sey, dem Produkte aus seiner Grundfläche mit seiner Höhe, daß der Kegel der dritte Theil eines Cylinders von derselben Grundfläche und Höhe sey, u. dgl. Aber alle diese Sätze blieben doch unvollständig, so lange man nicht die Länge der Kreis-Peripherie im Verhältniß zum Durchmesser oder Halbmesser kannte. War diese Länge bekannt, so war es auch leicht, die Fläche des Kreises oder die sogenannte Quadratur desselben zu finden.

§. 64.

Wenn man in einem Kreise reguläre Vielecke von sehr vielen, eigentlich von unzählig vielen Seiten beschreibt, so kommen diese Seiten zusammengenommen der Peripherie des Kreises so nahe, daß man sie dafür annehmen kann; folglich kommt dann auch die Fläche eines solchen Vielecks der Fläche des Kreises so nahe, daß man diese beide Flächen einander an Größe wieder gleich setzen darf. Der Inhalt eines Dreiecks kommt heraus, wenn man die Grundlinie desselben mit seiner halben Höhe multiplicirt. Da nun die Fläche eines Kreises der Fläche eines Dreiecks gleich ist, das zur Grundlinie die in eine gerade Linie ausgebreitete (oder gleichsam abgewickelte) Peripherie und zur Höhe den Halbmesser des Kreises hat, so käme ja der Inhalt des Kreises heraus, wenn man die Peripherie desselben mit dem halben Halbmesser oder mit dem vierten Theile des Durchmessers multiplicirte. Dieß alles hat Euclides schon dargethan. Nun käme es aber, um ein der Kreisfläche gleiches (gleich großes) Quadrat zu erhalten, noch darauf an, daß man eine mitt-

lere geometrische Proportionallinie zwischen der Peripherie und der Hälfte des Halbmessers suchte. Diese würde dann die Seite desjenigen Quadrats seyn, welches so groß wäre, als die Kreisfläche. Die letztere nothwendige Ergänzung findet sich noch nicht beim Euclides.

§. 65.

Ein Geometer von gleichem Range wie Euclides, und eben so unsterblich wie dieser, trat 250 Jahre vor Christi Geburt auf, nämlich Archimedes. Aber nicht blos großer Geometer war Archimedes, sondern auch großer Mechaniker, wie so manche von ihm herrührende berühmte mechanische Erfindung darthut.

Archimedes war der erste, welcher (in seinem Werke de dimensione circuli) das Verhältniß der Peripherie zum Durchmesser des Kreises mit einer Genauigkeit bestimmte, die noch jetzt zu den meisten mathematischen Untersuchungen hinreicht. Er beschrieb in und um den Kreis erst ein reguläres Sechseck, dann ein reguläres Zwölfeck, hierauf ein reguläres Vierundzwanzigeck, dann ein reguläres Achtundvierzigeck und endlich ein reguläres Sechsundneunzigeck. Aus dem Halbmesser des Kreises und der Seite des darin beschriebenen Sechsecks berechnete er die Seite des Sechsecks; aus der Seite des Sechsecks diejenige des Zwölfecks; aus der Seite des Zwölfecks diejenige des Vierundzwanzigecks ꝛc., bis er auf die Seite des Sechsundneunzigecks kam. Wußte er eine Seite des Sechsundneunzigecks in Theilen des Halbmessers, so wußte er auch leicht alle 96 Seiten desselben Vielecks, d. h. den Umfang desselben. Dieser Umfang mußte dem Umfange des Kreises

außerordentlich nahe kommen. Und wußte er nicht blos den Umfang des in, sondern auch des um den Kreis beschriebene Sechsundneunzigecks, so brauchte er von beiden Umfängen nur das arithmetische Mittel zu nehmen. Dieses konnte er dann, wie er es wirklich that, dem Umfange des Kreises, ohne merklichen Fehler gleich setzen. So fand er dann das Verhältniß des Durchmessers zum Umfange, wie 7 zu 22, welches für praktische Aufgaben, die keine sehr große Genauigkeit verlangen, immer hinreichend gefunden worden ist. Es lag auch wirklich, wie sich aus Eutocius, in dessen Commentar zu Archimedes Schrift über diesen Gegenstand, ergiebt, in seiner Absicht, nur ein der völligen Wahrheit sich näherndes Verhältniß zu finden.

§. 66.

Nach Archimedes machte man eine Menge Versuche, das Verhältniß des Durchmessers zum Umfange schärfer anzugeben. Vorzüglich berühmt wurde Ludolph van Ceulen (gewöhnlich von Cölln genannt) durch eine genaue Berechnung dieses Verhältnisses. Er fand gegen Ende des sechszehnten Jahrhunderts (§. 81.) das allgemeine Verhältniß des Durchmessers zum Umfange wie

1 : 3,14159265358979323846264338387950 . . .

also bis auf zweiunddreißig Decimalstellen. Durch die 0 in der letzten Stelle wird das Verhältniß etwas zu klein; durch eine 1 in derselben Stelle würde es etwas zu groß geworden seyn, beides aber nicht einmal um einen halben Quintilliontheil! Mittelst analytischer Kunstgriffe konnte man in den neuern Zeiten noch viel weiter gehen; dadurch setzte Shervin es bis auf 72, Machin auf 120 und Lagny

bis auf 127 Decimalstellen fort; noch später brachte man dasselbe Verhältniß sogar bis auf 156 Decimalstellen heraus. Solche Bemühungen waren aber eigentlich überflüssig, weil schon das von Cöllnsche Verhältniß mehr als hinreichend ist, die größten Kreise am Himmel von vielen Millionen Meilen mit der Genauigkeit eines Zolls auszurechnen.

§. 67.

Konnte man nun auch den Umfang des Kreises arithmetisch ungemein genau in Theilen des Durchmessers angeben, so ging dies doch geometrisch nicht an. Wäre man im Stande gewesen, die Peripherie des Kreises in einer gleich großen geraden Linie darzustellen, oder, wie man dies ausdrückt, ihn zu rectificiren, so würde man diese gerade Linie als die Grundlinie eines Dreiecks haben ansehen können, dessen Höhe dem Halbmesser desselben Kreises gleich gewesen wäre. Die Grundlinie mit der halben Höhe (Peripherie des Kreises mit dem halben Halbmesser) multiplicirt, würde den Inhalt des Dreiecks, folglich auch den Inhalt des Kreises gegeben haben. Das Dreieck hätte man auch können in ein gleich großes Rechteck, und dieses wieder in ein gleich großes Quadrat verwandeln. Letzteres wäre dann dem Inhalte des Kreises gleich gewesen, und so hätte man das so berühmte und berüchtigte Problem, die Quadratur des Kreises, aufgelößt. Hat man nun auch in der neuern Zeit durch Hülfe der Analysis des Unendlichen solche krumme Linien rectificirt und quadrirt, woran die alten Geometer vergeblich ihr Heil versuchten, so hat dies doch beim Kreise noch nicht gelingen wollen. Nur Anfänger

der Mathematik oder völlig Unerfahrne in dieser Wissenschaft ziehen jetzt noch jenem Irrlichte nach.

§. 68.

Ungemein wichtig und ein sehr großer Fortschritt in der Mathematik war auch Archimedes Bestimmung der Kugel- und Cylinderverhältnisse für Oberfläche und körperlichen Inhalt. Dieser große Meßkünstler zeigte zuerst (in seinem Werke de Sphaera et Cylindro), daß die Oberfläche der Kugel gleich ist der krummen Seitenfläche des um sie beschriebenen Cylinders (d. h. eines Cylinders, dessen Durchmesser der Grundfläche und dessen Höhe dem Durchmesser der Kugel gleich kommt), oder daß sie viermal so groß ist, als die Fläche eines ihrer größten Kreise; ferner, daß die Oberfläche jedes Kugelabschnitts gleich ist der krummen Seitenfläche eines Cylinders von der Höhe jenes Abschnitts und von einem dem Durchmesser der Kugel gleichen Diameter der Grundfläche, oder auch gleich der Fläche eines Kreises, welcher zum Halbmesser die von dem Pole der Kugel bis zu einem Punkte des Umfangs der Grundfläche gezogene gerade Linie hat; auch daß der körperliche Inhalt der Kugel zwei Drittheile vom körperlichen Inhalte des um die Kugel beschriebenen Cylinders ist, u. dgl. mehr.

Archimedes Untersuchungen über die Eigenschaften von Körpern, die durch Umdrehung der Kegelschnitte entstehen (in seinem Werke de Conoidibus) sind merkwürdig. So bestimmte er die Verhältnisse dieser Körper zu Cylinder und Kegel von derselben Grundfläche und Höhe; er zeigte z. B. daß der körperliche Inhalt des Paraboloids nur die Hälfte des um dasselbe beschriebenen Cylin-

ders beträgt. Recht sinnreich bewieß er (in seiner Schrift de Quadratura parabolae), daß die Fläche der Parabel zwei Drittheile des um sie beschriebenen Rechtecks ausmacht. Rechnet man hierzu seine tiefsinnigen Untersuchungen über die von Conon erfundenen Spirallinien u. über Schraubenlinien (in seiner Schrift de Spiralibus et Helicibus) mit den darauf sich gründenden praktisch-mechanischen Anwendungen, ferner, die von ihm ausgegangene Erweiterung und Verdeutlichung des Gebrauch der geometrischen Analysis und noch so manches andere der Welt offenbarte, so liegt die Unsterblichkeit dieses ausgezeichneten Mannes unbezweifelt vor uns. Er selbst mochte wohl obige Erfindung von Kugel und Cylinder unter die wichtigsten halten, die er gemacht hatte; denn er wünschte, daß nach seinem Tode in sein Grabmal eine in einen Cylinder beschriebene Kugel eingegraben werden sollte. Dieser sein Wunsch wurde auch erfüllt.

§. 69.

Kaum fünfzig Jahre nach Archimedes Tode stand ein anderer großer Geometer auf, der jenem an Ruhm beinahe gleich kam, nämlich Apollonius, mit dem Beinamen Pergäus, weil er aus Perga in Pamphilien gebürtig war. Wenn auch der größte Theil von Apollonius Werken über höhere Geometrie verloren gegangen ist, so ist doch das Hauptwerk desselben über Kegelschnitte beinahe noch ganz vollständig vorhanden; nämlich von acht Büchern dieses Werks besitzen wir noch die ersten sieben. Aber nur die vier ersten sind in der Originalsprache, der griechischen, zu uns gekommen; die drei folgenden in einer Uebersetzung, die ums Jahr 1250 arabisch, und aus dem Arabi-

schen um die Mitte des siebenzehenten Jahrhunderts lateinisch gemacht worden war.

Vor dem Apollonius hatte man die Kegelschnitte nur im senkrechten Kegel betrachtet. Apollonius aber untersuchte sie in jedem Kegel, dessen Grundfläche eine Kreisfläche ist; er bereicherte nicht blos die Erfindungen seiner Vorgänger mit neuen Ansichen, sondern brachte auch selbst viele ganz neue Sätze zum Vorschein; und in dem fünften Buche seines Werks findet man den Keim der höchst scharfsinnigen und tief gehenden Theorie von den Evoluten, die in der neuern Geometrie vornehmlich durch Huyghens, Jacob Bernoullis und Eulers Untersuchungen zu einer großen Vollkommenheit gebracht und auf verschiedene Weise praktisch angewendet worden ist. Auch über das Größte und Kleinste, sowie über den Mittelpunkt des Schwunges hat Apollonius schon Untersuchungen angestellt.

§. 70.

Unter den Griechen erklärten ihn Pappus, Eutocius und die gelehrte Hypatia. Um das Jahr 830 fingen die Araber unter dem Kalifen Almamon an, ihn zu übersetzen. Ahmed Ben Moussa Al-Hamassi übersetzte die vier ersten, Thabeth Ben Corrah die drei folgenden Bücher. Abalphat übersetzte ihn im Jahr 994 aufs Neue; der berühmte Perser Nasireddin machte Anmerkungen über ihn; der Perser Abdalmelec machte Auszüge aus ihm.

Im Occident wurde Apollonius erst um die Mitte des fünfzehenten Jahrhunderts bekannt. Regiomontan

wollte ihn herausgeben; aber der Tod vereitelte dies Unternehmen. Die lateinische Uebersetzung des Memmius vom Jahr 1537 war schlecht; eine bessere lieferte Commandinus im Jahr 1566. Aber erst als Borelli im Jahr 1658 die arabische Handschrift des Abalphat entdeckte, erhielten wir von demselben eine recht gute lateinische Uebersetzung mit gelehrten Anmerkungen. Die Ausgabe des Barrow verdiente ebenfalls viele Empfehlung. Eine vorzügliche Ausgabe lieferte Halley im Jahr 1710, mit Bereicherungen, die diesem Engländer zu großer Ehre gereichten. So stellte er z. B. das erste Buch, freilich nach Pappus vorhergegangener Anleitung, so vortrefflich wieder her, als das Original es schwerlich gehabt hat. Apollonius soll übrigens auch, wie Eutocius erzählt, das Verhältniß der Peripherie des Kreises zum Durchmesser noch genauer, wie Archimedes bestimmt gehabt haben.

§. 71.

Von einem gewissen Heraclides, welcher das Leben des Archimedes beschrieb, wurde Apollonius eines gelehrten Diebstahls beschuldigt. Dieser Heraclides behauptete nämlich, er selbst habe über Kegelschnitte geschrieben, und sein Werk wäre es eben, welches unter Apollonius Namen ans Licht gekommen wäre. Daß diese Beschuldigung falsch war, haben noch in der neuern Zeit mehrere gelehrte Männer, wie z. B. Weidler, zu beweisen gesucht.

Conon von Samos, ein Freund des Archimedes, schrieb gleichfalls ein Werk über Kegelschnitte. Er gerieth darüber in einem Streit mit einem gewissen Nicoteles,

der um die Sternkunde sich verdient gemacht, und die Theorie der Kegelschnitte erweitert hatte.

§. 72.

Mußte man auch den Archimedes und Apollonius als die größten Geometer ihrer Zeit ansehen, so gab es in derselben Epoche doch noch manche andere Mathematiker, deren Namen noch bei uns mit Achtung genannt werden. Dahin gehört unter andern, außer Conon, auch Nicomedes, der die Muschellinie oder Conchoide erfand, worüber er selbst mehrere sinnreiche Betrachtungen anstellte, und die in der Folge auch praktische Anwendungen fand, z. B. zur Verjüngung der Säulen-Schäfte und zur Bildung von Faßdauben. Die erstere Anwendung rührt von dem italienischen Architekten Vignola, die zweite von dem Ingenieur Müller in Gröningen her. Nicomedes bediente sich der Conchoide auch, einen geradlinichten Winkel in drei gleiche Theile zu theilen. Ihr Gebrauch zur Verdoppelung des Würfels und zur geometrischen Construction bestimmter Gleichungen vom dritten und vierten Grade wurde auch von dem großen Newton mit Ehren anerkannt.

Auch Platos Schüler und Freunde, Aristäus, Eudoxus, Menächmus, Dinostratus u. A. hatten in der höheren Geometrie schon recht schöne Kenntnisse. Schade, daß des Aristäus fünf Bücher über die Kegelschnitte verloren gegangen sind! Vom Menächmus hat uns Eutocius noch ein Paar schöne Anwendungen der Theorie der Kegelschnitte auf das Problem von der Verdoppelung des Würfels erhalten; und die sogenannte Quadra-

trix des Dinostratus, eine krumme Linie, wodurch die Trisection oder Multiplication eines Winkels, sowie die Quadratur des Kreises bewerkstelligt werden sollte, ist bis auf die neueste Zeit berühmt geblieben. Unter andern hat sie Kästner sehr genau beleuchtet.

§. 73.

Das Zeitalter, welches jetzt folgte, war nicht so reich an Erfindungen in der Geometrie. Da sich aber die Mathematiker jetzt mehr mit Astronomie zu beschäftigen anfingen, so konnte es nicht fehlen, daß dadurch auch die Geometrie manches Nützliche gewann. Die Astronomie war es eigentlich, welche die Geometer nöthigte, die Arithmetik auf die Geometrie anzuwenden. Das war besonders bei Messungen von Entfernungen auf der Erdfläche und bei Bestimmungen des Inhalts von Feldern nöthig.

So war es bei astronomischen Bestimmungen auch nothwendig, die Winkel durch Verhältnisse von Linien in rechtwinklichten Dreiecken anzugeben. Menelaus aus Alexandrien machte sich, hundert Jahre nach Christi Geburt, durch solche Bemühungen bekannt. Er schrieb sechs Bücher von Sehnen im Kreise, die aber verloren gegangen sind. Die Lehre von den Lagen der Kreise auf einer Kugelfläche gegen einander, und von solchen Dreiecken, die von großen Kreisen auf einer Kugelfläche gebildet werden, war für die Astronomie sehr nothwendig. Fünfzig Jahre vor Christi Geburt schrieb schon Theodosius über diese Lehre. — So waren also schon die Grundsätze der sphärischen Trigonometrie mittelst der Geometrie festgesetzt.

§. 74.

Wenn man den Menelaus ausnimmt, so gingen nach Theodosius drei bis vier Jahrhunderte vorüber, ehe wieder ein Geometer von bedeutendem Range aufstand. Pappus und Diocles waren die ersten, welche der Geometrie einen neuen Glanz verliehen. Pappus gab, 375 Jahre nach Christi Geburt, eine vortreffliche Sammlung von mathematischen Lehrsätzen und Aufgaben, sammt ihren Auflösungen, heraus, die von sehr mannigfaltigem Inhalte war. In dieser Sammlung ist eine bedeutende Anzahl vorzüglicher Werke zusammengestellt, die im Einzelnen fast insgesammt verloren gingen; aber auch aus eigenem Geiste hat Pappus mehrere neue sinnreiche und gelehrte Sätze beigefügt. Besonders den Geist der geometrischen Analysis der Alten lernte man aus dieser Sammlung kennen. Sie war in acht Bücher getheilt, wovon die beiden ersten, leider! verloren gegangen sind. Commandin gab sich vor der Mitte des siebenzehnten Jahrhunderts alle mögliche Mühe, die beiden ersten Bücher noch aufzufinden; aber vergebens. Er mußte sich begnügen, im Jahr 1638 nur die sechs übrigen Bücher (in's Lateinische) zu übersetzen.

Die Aufgabe von den geometrischen Oertern fand an Pappus in der That schon ihren Meister; und mancherley Betrachtungen über die Oberfläche der Kugel und anderer Körper beurkundeten schon allein sein vorzügliches mathematisches Talent. Der in neuern Zeiten von Guldin bekannt gemachte Satz, wie mittelst des Schwerpunktes von Linien und Flächen der Inhalt der dadurch beschriebenen Oberflächen und Körper gefunden werde, wird von Pappus, als seine Erfindung, in Anspruch genommen.

§. 75.

Nur ein Paar Dutzend Jahre nach Pappus trat Diocles als Geometer auf. Er soll zuerst die Cissoide zum Vorschein gebracht haben, eine krumme Linie, welche er zur Auflösung des Problems anwandte, zwei mittlere geometrische Proportionallinien zu finden. Schon Geminus kannte dieselbe hundert Jahre vor Christi Geburt, wie Proclus in seinem Euclid'schen Commentar anführt; er nannte sie eine zusammengesetzte Linie, die sich breche und einen Winkel mache. Newton gab in der Folge eine sinnreiche Methode an, die Cissoide zu beschreiben. Wallis fand ihre Quadratur und Cubatur, nebst der Lage ihres Schwerpunktes.

Auf einem eigenthümlichen Wege fand Diocles auch die Auflösung des Problems, eine Kugel durch eine Ebene nach einem gegebenen Verhältniß durchschneiden zu lassen. Archimedes hatte dieselbe Aufgabe, aber auf andere Weise gelößt. Diocles Auflösung gründete sich auf eine geometrische Construction mittelst des Durchschneidens zweier Kegelschnitte. Eutocius hat sie uns aufbewahrt; derselbe im fünften Jahrhundert nach Christi Geburt lebende Eutocius aus Ascalon, welcher nützliche Erläuterungen über einige Schriften des Archimedes und über die vier ersten Bücher der Kegelschnitte des Apollonius lieferte.

Ohngefähr um dieselbe Zeit machte sich noch ein anderer Geometer, Serenus, bekannt. Von diesem besitzen wir noch zwei Bücher über die Schnitte des Cylinders und des Kegels, welche zu sinnreichen und interessanten Sätzen Veranlassung gaben. Halley hat in seiner Ausgabe des Apollonius beide Sätze des Serenus aufgenommen.

§. 76.

Proclus, etwa 500 Jahre nach Christi Geburt das Haupt der Platonischen Schule zu Athen, war in der Geometrie nicht unberühmt. Sein Commentar über das erste Buch des Euclides fand wegen mancher sinnreichen Bemerkungen nicht wenig Beifall. Sein Nachfolger Marinus bereicherte den Euclides durch eine gute Vorrede oder Einleitung. Isidorus von Milet, ein Schüler des Proclus, von welchem wir freilich kein Werk mehr besitzen, soll 530 Jahre nach Christi Geburt als ein vorzüglicher Geometer (und Mechaniker) geglänzt haben. Dasselbe rühmt man auch, besonders in mechanischer Hinsicht, von seinem Zeitgenossen Anthemius.

Unter den damaligen Geometern wurde der Name des jüngern Hero gleichfalls mit Ruhme genannt. Diesen Hero muß man von dem berühmten Hydrauliker Hero von Alexandrien wohl unterscheiden. Jener jüngere Hero schrieb eine Geodäsie, welche, wenn auch sonst von keiner großen Wichtigkeit, durch die Methode bekannt geworden ist, den Flächen=Inhalt eines Dreyecks mittelst der drei Seiten zu finden.

§. 77.

Jetzt trat der lange für die Geometrie, sowie für die übrigen Wissenschaften so unfruchtbare Zeitraum ein. Den ersten unglücklichen Schlag gab im Jahr 641 nach Christi Geburt die Eroberung von Aegypten durch die Saracenen und die Zerstörung der herrlichen Bibliothek in Alexandrien. Dadurch ging die so alte und verdiente Akademie zu Grunde. Die politischen und kirchlichen Unruhen in dem griechischen Reiche

und in den Abendländern, unterdrückten fast alle Beschäftigungen mit der Mathematik; und wenn auch die Araber sich noch für manche Wissenschaften eifrig interessirten, so machten sie doch in der Geometrie keine Fortschritte.

So verstrich denn eine Reihe von Jahrhunderten, worin die Geometrie mit den übrigen Wissenschaften in Dunkel gehüllt lag. Was der Benedictiner Gerbert, welcher im Jahr 1003 als Pabst Sylvester II. starb, in der Geometrie leistete, war freilich nach dem jetzigen Maaßstabe der Geometrie äußerst wenig, aber für jene trüben Zeiten, in Verbindung mit desselben Mannes mechanischen Kenntnissen, so viel, daß man ihn damals für einen Zauberer und Hexenmeister hielt.

Erst vom fünfzehnten Jahrhundert an verschwand das über den Wissenschaften gelegene Dunkel allmählig und das Licht der Wissenschaften leuchtete nun nach und nach immer heller und heller. Das zu jener Zeit ziemlich weit verbreitete Studium der alten Sprachen und die eben erfundene Buchdruckerkunst trugen zu jener Helligkeit nicht wenig bei.

§. 78.

Hauptsächlich suchte man die griechischen Schriftsteller als Lehrer der Geometrie auf; und deßwegen übersetzte man sie häufig, am meisten in die lateinische oder italienische Sprache. Der Italiener Commandinus zeichnete sich hierdurch besonders aus. Aber auch an eignen Forschungen und eignen Erfindungen fehlte es bald nicht.

Ein Deutscher, der Cardinal Cusanus, beschäftigte sich am Ende des fünfzehnten Jahrhunderts zuerst wieder mit dem Verhältniß des Kreis-Durchmessers zum Umfange. Er suchte zu diesem Verhältniß durch reguläre Viel-

ecke zu gelangen, aber nicht dadurch, daß er sie, wie Archimedes, in den Kreis beschrieb, sondern er nahm eine gewisse Länge für den gemeinschaftlichen Umfang mehrerer Vielecke an, und suchte nun den Durchmesser eines Kreises, welcher denselben Umfang hätte. Er richtete auf diesem Wege nicht viel aus, weil ihm manche Kenntnisse fehlten, die erst später erfunden wurden. — Mit der Quadratur des Kreises gab er sich gleichfalls ab, aber ohne Erfolg.

§. 79.

Johann Werner bearbeitete zu Anfange des sechszehnten Jahrhunderts mehrere Zweige der Geometrie sehr eifrig, wie schon seine Aufsätze über Kegelschnitte u. dgl. darthun, die er im Jahr 1522 zu Nürnberg herausgab. Der Italiener Tartaglia suchte die Geometrie mehr zu verbreiten und bereicherte sie auch durch wichtige Sätze, wie z. B. derjenige ist: den Inhalt eines Dreiecks aus seinen drei Seiten zu bestimmen, ohne daß man nöthig hat, die Höhe zu messen. Seine im Jahr 1556 zu Venedig herausgegebene mathematische Schrift giebt hierüber die nöthige Auskunft. Maurolycus aus Messina zeigte sich nach der Mitte des sechszehnten Jahrhunderts als trefflicher Geometer, welches schon seine sehr deutliche und gründliche Schrift von den Kegelschnitten beweist, die Borellus ohngefähr hundert Jahre später, nämlich 1654, wieder herausgab, und de la Hire im Jahr 1679 mehr erweiterte und mit nützlichen Anwendungen bereicherte.

Der Portugiese Nonius, eigentlich Nunnoz oder Nunez, ein Zeitgenosse des Maurolycus, zeigte sich eben-

falls als einen scharfsinnigen Geometer. Ihm verdanken wir die Unterabtheilung der kleinen Theile eines Instruments durch besondere Linien und Bögen, welche man noch immer die Abtheilung des Nonius, oder auch den Nonius schlechthin nennt. Diese Erfindung ist fast hundert Jahre später, im Jahr 1631, von dem Franzosen Peter Vernier dadurch sehr verbessert worden, daß er an einer unbeweglichen geradlinichten Skale oder an einem unbeweglichen Bogen eine bewegliche geradlinichte Skale oder einen beweglichen geradlinichten Bogen anbrachte, woran man die einzelnen Theile leicht sehen konnte, weil das bewegliche Stück etwa in 10 weniger 1 oder in 12 weniger 1 Theile getheilt war, wenn man das unbewegliche in 10 oder in 12 gleiche Theile getheilt hatte.

§. 80.

Der Franzose Peter Ramus war wohl als Mathematiker berühmt, aber nur wegen seines Eifers, die Geometrie und andere Theile der Mathematik auszubreiten; er selbst hat in dieser Wissenschaft keine neue Entdeckungen gemacht. Als Protestant war er im Jahr 1572 mit ein Opfer der schrecklichen Bartholomäus-Nacht. Seinem Landsmann, Franz Vieta, verdankt die Geometrie in der letzten Hälfte des sechszehnten Jahrhunderts mehrere Entdeckungen. So fand er das Verhältniß der Kreis-Peripherie zum Durchmesser bis auf zehn Decimalstellen. Durch die wechselseitige Hülfe der Geometrie und Algebra wurde er auf manche wichtige Entdeckungen geleitet. So zeigte er z. B., daß bei jeder Gleichung vom dritten Grade, die überhaupt entweder eine mögliche Wurzel und zwei unmögliche, oder drei mög-

liche Wurzeln enthält, die mögliche Wurzel im ersten Falle durch die Verdoppelung des Würfels gefunden wird, die drei möglichen Wurzeln im zweiten Falle aber durch die Trisection des Winkels gefunden werden. — Von den negativen Wurzeln hatte er freilich eine undeutliche Vorstellung; solche Wurzeln sind erst von Descartes gehörig erleuchtet worden.

Uebrigens ist Vieta auch noch der erste, welcher einen ordentlichen Begriff von der Winkeltheilung gab, und zwar mittelst der Sehnen oder auch der Sinusse für eine Reihe von Bögen, die man kennt; oder auch umgekehrt mittelst der Bögen, wenn man die Sehnen oder die Sinusse kennt. Hermann, Jacob Bernoulli und Euler erweiterten diese Lehre in der Folge. Auch das Werk des Apollonius von den Berührungen stellte Vieta wieder her.

§. 81.

Der Franzose Fernel, welcher im Jahr 1556 starb, kann zwar als eigentlicher Geometer auf keinen ausgezeichneten Rang in der Geschichte der Mathematik Anspruch machen; er hat sich aber doch dadurch keinen unbedeutenden Ruhm erworben, daß er es unter den Neuern zuerst versuchte, die Größe der Erde auszumessen. Aus der Zahl der Umläufe eines Wagenrades auf dem Wege von Paris nach Amiens schätzte er die Länge eines Meridian-Grades auf 56746 Pariser Toisen. Er war nämlich so lange gefahren, bis der Polarstern um einen Grad weiter emporgerückt war. Daß jenes Resultat der Wahrheit sehr nahe kam, konnte freilich nicht der Genauigkeit einer solchen Messung, sondern blos dem Zufalle zugeschrieben werden.

In demselben Jahrhundert suchten drei Holländer, P

ter Metius, Hadrian Romanus und Ludolph van Ceulen (letzterer eigentlich von Geburt ein Deutscher, aus Hildesheim, aber in Holland wohnhaft und daselbst gleichsam naturalisirt), nach verschiedenen Methoden, auf eine genauere Weise, wie bisher, das Verhältniß der Kreis-Peripherie zum Durchmesser zu bestimmen. Peter Metius fand dieses Verhältniß wie 355 zu 113. Es näherte sich so der Wahrheit auf eine vorzügliche Weise. Hadrian Romanus brachte es auf 17 Decimalstellen. Von dem Verhältniß des Ludolph van Ceulen, welches dieser im Jahr 1596 zuerst aufstellte, ist schon (§. 66.) die Rede gewesen. Auch Philipp Lansberg gab sich damals mit der Quadratur des Kreises ab.

§. 82.

Das siebenzehnte Jahrhundert war noch viel reicher an geometrischen Erfindungen und Entdeckungen und an der Erweiterung der Geometrie überhaupt. Im Jahr 1615 führte der berühmte Kepler das unendlich Kleine in dieser Wissenschaft ein und wandte es zur Vergleichung des Inhalts runder Körper an. So bestimmte er den Inhalt von 90 Körper-Arten. Freilich fehlte ihm hierbei zuweilen die directe Methode, und dann nahm er, durch seine Einbildungskraft verleitet, Verhältnisse an, die nicht streng bewiesen werden konnten, sondern nur eine Wahrscheinlichkeit hatten.

Der Jesuit Clavius, welcher im Jahr 1612 starb, hatte einen großen Commentar über Euclids Elemente geschrieben, aber auch noch andere weitläufige Werke, die indessen nicht viel Neues enthielten. Der im Jahr 1660 gestorbene Jesuit Tacquet stand als Geometer mit jenem ohngefähr in

gleichem Range. Mehr Ruhm erwarb sich der niederländische Jesuit Gregorius a St. Vincentio, besonders durch ein im Jahr 1644 erschienenes Werk, worin er die Quadratur des Kreises suchte. Wenn er diese auch nicht fand, so ist sein Werk doch sehr reichhaltig an genauen und tiefsinnigen Untersuchungen, z. B. über die Ausmessungen der hufförmigen Schnitte verschiedener durch Umwälzung der Kegelschnitte erzeugten Körper. Auch fand er, daß die Flächenräume zwischen einer Hyperbel, der einen Assymptote und den mit der andern parallelen Ordinaten gleichförmig wachsen, wenn die zugehörigen Abscissen in geometrischer Progression genommen werden. Leibnitz unter andern spricht mit vieler Achtung von ihm.

§. 83.

Die Lage der berührenden Linien oder Tangenten hatten die alten Geometer blos durch Hülfe der Geometrie bestimmt. Als man aber im siebzehnten Jahrhundert auf eigne Weise die Arithmetik mit der Geometrie verband, da suchte man allerley Verfahrungsarten zu erfinden, die Tangenten durch allgemeine analytische Regeln zu bestimmen. Schon Descartes gab solche Methoden an. Bessere und bequemere Wege fand Fermat, weshalb er auch mit Descartes in einen Streit gerieth, der letzterem nicht zur Ehre gereichte. Später haben Hudde, Sluse, Huyghens, Newton, Leibnitz, Barrow, Roberval, Jacob Bernoulli u. a. sich angelegentlich mit demselben Gegenstande beschäftigt, wie der weitere Erfolg meiner Geschichte schon lehren wird.

Guldin und Lucas Valerius, welche beide in der

ersten Hälfte des siebzehnten Jahrhunderts lebten, hatten sich auch durch einige geometrische Untersuchungen und Entdeckungen bekannt gemacht. So gründete Guldin die Berechnung des Inhalts von Flächenräumen und Körpern auf eine Eigenschaft des Schwerpunkts, die man noch immer Guldins Regel nennt. So dehnte Valerius die von Archimedes blos bei dem parabolischen Konoid angefangene Untersuchung auch auf mehrere andere Körper aus.

§. 84.

Der im Jahr 1647 gestorbene Cavaleri war freilich ein größerer Mathematiker. Er entdeckte nicht blos eine neue Art Spirallinie, sondern brachte auch, wie man aus seiner 1635 erschienenen Geometria indivisibilium sieht, folgende noch wichtigere Entdeckung an's Licht. Das Verfahren der Alten, Oberfläche und Inhalt der Körper zu bestimmen, war wohl sehr strenge, aber umständlich wegen des Beschreibens der Vielecke in und um den Körpern herum. Cavaleri suchte auf einem kürzern Wege zu demselben Ziele zu gelangen. Er betrachtete nämlich die ebenen Oberflächen als aus unendlichen Summen von Linien zusammengesetzt, die Körper als aus unendlichen Summen von Ebenen; und dann nahm er als Grundsatz an, daß die Verhältnisse jener unendlichen Summen von Linien oder Ebenen in Bezug auf Zahlen-Einheit in jedem Falle dieselben wären, wie die der zu messenden Oberflächen oder Körper. In den sechs ersten Büchern seines Werks wandte Cavaleri seine neue Theorie auf die Quadratur der Kegelschnitte, auf die Kubirung der aus ihrer Umwälzung erzeugten Körper u. dgl. an. Torricelli machte von Cavaleri's Methode bei der Quadratur der Cy-

cloide Gebrauch. Descartes aber würdigte der Geometrie des Cavaleri keine Aufmerksamkeit. In einem Briefe an Mersenne sagt er blos, er habe die Sätze des Cavaleri in einer Viertelstunde überlaufen, und da habe er nichts Neues darin gefunden.

§. 85.

Schon im Jahr 1634 hatte Roverval eine ähnliche auf das Princip der Untheilbarkeit gegründete Methode zu demselben Zwecke angewendet. Er betrachtete aber auf eine schärfere Weise die Körper so, als hätten sie Rechtecke von unbestimmter kleiner Höhe, oder Schnitte von unbestimmt kleiner Dicke zu Elementen, und nicht bloße Linien oder Ebenen.

Roberval wandte seine Methode schon damals auf diejenige krumme Linie an, welche Radlinie oder Cycloide heißt. Schon im Jahr 1615 war diese krumme Linie von dem Pater Mersenne (Mersennus) einer besondern Aufmerksamkeit gewürdigt worden. Mersenne betrachtete nämlich an einem fortrollenden Wagenrade die Bewegung eines Rad-Nagels in der Luft, und da sah er, daß dieser Nagel diejenige krumme Linie in der Luft beschrieb, welche Cycloide genannt wurde. Dem Mersenne selbst gelang es nicht, die Natur dieser krummen Linie zu entdecken; deswegen theilte er im Jahr 1634 dem Roberval die dabei angetroffenen Schwierigkeiten mit. Dieser scharfsinnige Mathematiker, dem nur ein besseres, friedliebenderes Gemüth wäre zu wünschen gewesen, besiegte die meisten Schwierigkeiten. Unter andern bestimmte er den Flächen-Inhalt der Cycloide und die körperlichen Räume, welche von der krummen Linie durch ihre Umwälzung um die Grundlinie oder Axe erzeugt werden. Fer-

mat und Descartes lößten bald nachher dieselben Probleme auf und machten noch allerley Entdeckungen dazu, wie z. B. diejenige, Tangenten an die Cycloide zu ziehen. Roberval betrat einen noch allgemeinern und sicherern Weg. Er betrachtete den Punkt, welcher eine krumme Linie beschreibt, als in jedem Augenblicke aus zwei Geschwindigkeiten zusammengesetzt, die der Natur der krummen Linie gemäß sind; er construirte ein Parallelogram, dessen Seiten jenen Geschwindigkeiten proportional waren und nahm das Princip an, daß die Richtung der Tangente in die Diagonale fallen müsse.

§. 86.

Nach Pascal und Gröning, wovon jeder eine Geschichte der Cycloide schrieb, hatte Galilei die Radlinie schon vor dem Jahr 1599 in Untersuchung genommen und sie wegen ihrer gefälligen Gestalt für Brücken-Bögen anwendbar gehalten; die Bestimmung ihres Inhalts aber war weder ihm, noch dem Cavaleri, gelungen. Torricelli, des großen Galilei Schüler, fand zuerst den Inhalt; er hatte sich überhaupt im Jahr 1644 viel mit der Cycloide beschäftigt, und manche bei derselben vorkommende Probleme aufgelößt, wodurch er mit dem eitlen und zänkischen Roberval, der sich alle Erfindungen anmaßen wollte, so in Verdruß gerieth, daß er darüber im Jahr 1647 sein Leben einbüßte. Viviani fand die Tangenten der Cycloide.

Bei mehreren mechanischen Anwendungen, z. B. bei den Huyghensschen Pendeluhren zu isochronischen Schwingungen, zu der Gestalt der Zähne mancher Räder, zu der Gestalt der Däumlinge in Stampf-, Hammer- und ähnlichen Hebewerken rc., erhielt die Cycloide eine große Wichtigkeit, und die-

se Wichtigkeit behauptet sie auch noch immer in gegenwärtiger Zeit.

§. 87.

Indessen war doch die Cycloide bald nach Galilei's und Robervals Zeit bei den Geometern wieder ziemlich in Vergessenheit gekommen, als Pascal sich ihrer im Jahr 1658 von Neuem annahm und sie wieder an's Licht zog. Er legte den Mathematikern neue Aufgaben vor, für deren Auflösung er selbst Preise geben wollte. So verlangte er den Flächenraum eines jeden beliebigen Abschnitts der Cycloide, den Mittelpunkt der Schwere dieses Segments, die körperlichen Räume und den Schwerpunkt dieser Räume, u. dgl. Zwar lößten Huyghens, Slusius, Lalouere, Wallis und der englische Architekt Wren einen Theil jener Aufgaben auf höchst sinnreiche Weise; aber diese Auflösungen genügten doch dem Verlangen des Aufgebers nicht völlig. Erst Pascal selbst gab im Jahr 1659 die wahre und vollständige Auflösung, und eben dadurch zeigte er, daß er einer der geistvollsten und kenntnißreichsten Mathematiker war, die je gelebt haben.

Christoph Wren fand zuerst die Vergleichung der Bögen der Cycloide mit einer geraden Linie; überhaupt war jene Curve die erste gegebene krumme Linie, welche rectificirt wurde. Johann Bernoulli stellte gleichfalls scharfsinnige Untersuchungen darüber an.

§. 88.

Dem Torricelli verdankt die Geometrie noch einige andere Erweiterungen. So vervollständigte er die Lehre des

Archimedes von der Kugel, vornehmlich durch die Bestimmung des Inhalts der Körper, welche durch Umdrehung regulärer Vielecke erzeugt werden. Er gab zwanzig verschiedene Arten an, die Parabel zu quadriren, theils geometrische, theils mechanische, theils nach der Methode des Untheilbaren. Die Quadratur der Cycloide hatte er auf dreierley Art herausgebracht.

Einen Hauptschwung aber erhielt die Geometrie durch die mannigfaltigen herrlichen Entdeckungen und Erfindungen des im Jahr 1650 verstorbenen hochberühmten Descartes, gewöhnlich Cartesius genannt. Schon die Ausdehnung der arithmetischen Begriffe, welche die Wörter Multipliciren und Dividiren nach ihrer ursprünglichen Bedeutung ausdrükken, auf geometrische Constructionen und der darauf gegründete Gebrauch algebraischer Rechnungen in der Geometrie, rührt von Descartes her. Derselbe unsterbliche Philosoph und Mathematiker war es auch, der zuerst auf eine ausgedehnte und geordnete Weise die Algebra auf die Geometrie anwandte, wozu sein Vorgänger Vieta den Grund gelegt hatte. Er war der Erfinder von der allgemeinen Methode, die Natur der krummen Linien durch Gleichungen darzustellen und sie in verschiedene Ordnungen einzutheilen, und zwar in Rücksicht auf die verschiedenen Grade dieser Gleichungen. Dadurch öffnete er der Geometrie ein weites fruchtbares Feld, das von andern Mathematikern mit dem größten Glück betreten wurde. Ist einmal das Gesetz, nach welchem eine krumme Linie beschrieben werden muß, gegeben, so kann man sie selbst und alles zu ihr gehörige leicht finden.

§. 89.

Die krummen Linien von doppelter Krümmung betrachtete Descartes ebenfalls zuerst. Besonderes Vergnügen machte ihm, wie er selbst sagt, seine Methode, Tangenten an krumme Linien zu ziehen, die einfach und sinnreich zugleich war. Die berühmte verkehrte Methode der Tangenten entstand bei Gelegenheit einer Aufgabe, welche Beaune im Jahr 1641 seinem Freunde Descartes vorlegte. Dieser lehrte auch zuerst die geometrische Auflösung der Gleichungen vom dritten und vierten Grade durch den Kreis und die Parabel. Zugleich zeigte er, wie Gleichungen vom fünften und sechsten Grade vermöge der Durchschnitte eines Kreises mit einer parabolischen Conchoide (Muschellinie) aufgelößt werden. Die Conchoide selbst wandte Newton in der Folge zur Construction kubischer und biquadratischer Gleichungen an. Bei höheren Gleichungen, als denen vom vierten Grade zeigte sich die geometrische Auflösung schwieriger, als die arithmetische.

Im Jahr 1637 erschien die Geometrie des Descartes. Der arrogante Roberval und einige andere französische Geometer suchten sie auf alle Weise herabzusetzen; aber mit schwachem Erfolg. Besonders in fremden Ländern fand sie die verdienten Bewunderer unter den ausgezeichnetsten Männern. Ein solcher war der im Jahr 1659 verstorbene gelehrte Professor Schooten zu Leyden, der sie im Jahr 1649 in einem vortrefflichen Commentar erläuterte und weiter ausführte. So viel ist freilich wahr, daß auch Roberval eine neue sinnreiche Methode der Tangenten krummer Linien erfand und deren Aehnlichkeit mit den Fluxionen entdeckte. Schon

im Jahr 1636 kannte er sie, und im Jahr 1640 schrieb er deswegen an Fermat. Seine Methode gründete sich auf die Lehre von der zusammengesetzten Bewegung. Im Jahr 1644 brachte Torricelli etwas ähnliches zum Vorschein.

§. 90.

Fermat, welcher im Jahr 1665 starb, stellte zu gleicher Zeit mit Descartes die Beschaffenheit einer Curve durch eine Gleichung dar. Auch er gab Verfahrungsarten an, Tangenten an krumme Linien zu ziehen. Sinnreich und einfach war seine Methode, hyperbolische und parabolische Linien höherer Art, nebst der gemeinen Parabel, zu quadriren, und zwar mittelst Summirung einer geometrischen Reihe. Er erfand ein eignes Verfahren, die Größten und Kleinsten zu bestimmen, bei Größen, welche anfangs wachsen und nachher abnehmen, oder anfangs abnehmen und nachher wachsen. Gewöhnlich hält man ihn auch für den ersten, welcher die Aufgabe lößte, eine Kugel zu finden, die andere gegebene Kugeln oder Ebenen berührt, oder deren Oberfläche durch gegebene Punkte geht. Er hatte ferner im Jahr 1636 eine neue Art Spirallinie entdeckt. Dem Roberval legte er Aufgaben von der Quadratur der Parabeln vor, welcher sie auch auflößte.

Ein trefflicher geometrischer Kopf war auch Pascal, welcher schon im sechszehnten Jahre seines Alters eine gründliche Abhandlung über Kegelschnitte schrieb. In seiner Geschichte der Cycloide lößte er sehr schwere Aufgaben auf. Schade, daß er in der Blüthe seines Lebens, im Jahr 1662, hinweggerafft wurde. Herigone hat sich im Jahr 1644 durch seinen sehr nützlichen, viel verbreiteten Cursus mathematicus,

worin er alle Theile der Mathematik in dem Zustande darstellte, worin sie sich damals befanden, nicht wenig Verdienst erworben.

§. 91.

Der Engländer Wallis lößte im Jahr 1655, in seiner **Arithmetica infinitorum**, eine große Anzahl schöner Aufgaben auf, welche die Quadraturen der krummen Linien, die Kubirungen der Körper, die Bestimmung der Mittelpunkte der Schwere u. dgl. betrafen. Er wandte die Lehre von der Summirung unendlicher Reihen, deren Glieder eine stetige Folge bilden, auf die Geometrie ausführlicher an, als es seit Cavaleri's Zeit von andern Geometern geschehen war. Schon Cavaleri, Fermat, Descartes und Roberval hatten von der Geometrie des Untheilbaren Anwendungen auf eine allgemeine Quadratur aller Parabeln gemacht; Wallis aber breitete darüber erst ein recht helles Licht aus. Die glückliche Bemerkung, die Nenner der Brüche als Potenzen zu betrachten, deren Exponenten negativ sind, setzte ihn in den Stand, alle Figuren und Körper zu messen, deren Elemente sich verkehrt wie jede Potenz der Abscisse verhalten. Varignon erläuterte noch manches dazu gehörige. Auch Lord Brounker, welcher im Jahr 1684 starb, beschäftigte sich mit ähnlichen Gegenständen. Er war unter andern der erste, welcher den Flächen-Inhalt einer Curve durch eine unendliche Reihe an der Hyperbel darstellte. Eine bequemere Reihe fand um dieselbe Zeit Nicolaus Mercator.

Barrow, gleichfalls ein Engländer, gab ums Jahr

1669 mehrere künstliche Methoden an, Tangenten an krumme Linien zu ziehen. Sein dazu bestimmtes differentiales Dreieck, eigentlich auf Fermatische Grundsätze gestützt, ist berühmt geworden. Auch hat er sonst noch manches Gute für die Geometrie geleistet.

§. 92.

Zwar hatte man bisher die Parabeln von allen Ordnungen quadrirt, aber noch nicht ihre Krümmungen bestimmt. Indessen dachte man schon seit einiger Zeit auf Findung einer geraden Linie, die dem Umfange einer gegebenen krummen Linie an Länge gleich käme. Die Auflösung dieses Problems hatte noch immer viele Schwierigkeiten. Der berühmte niederländische Mathematiker Christian Huyghens (gewöhnlich Hugenius genannt) gab darüber im Jahr 1657 in Briefen einige Auskunft. Sein Landsmann, van Heurart, führte die Frage auf geometrische Constructionen zurück, die etwas verwickelt waren, aber doch zuletzt eine sehr schöne Entdeckung zur Folge hatten. Er fand nämlich, daß die zweite kubische Parabel, in welcher die Quadrate der Ordinaten sich wie die Würfel der Abscissen verhalten, einer geraden Linien von gewisser Länge gleich ist. Im Jahr 1659 wurde diese Entdeckung (in der zweiten Auflage des Schootenschen Commentars über Descartes Geometrie) bekannt gemacht.

Mit bewunderungswürdiger Gewandheit und Schärfe rectificirte Huyghens, wie man aus seinem im Jahr 1673 herausgegebenen **Horologium oscillatorium** sieht, krumme Linien, quadrirte er Oberflächen rc. Eine ausnehmend große Entdeckung aber, welche wir ihm verdanken, ist seine Theo=

rie der Evoluten, die man ebenfalls in jener Schrift dargestellt findet. Aus einer gegebenen krummen Linie bildet Huyghens dadurch eine andere Curve, daß er auf jene eine Reihe gerader Linien lothrecht zieht, welche die zweite Curve berühren müssen; oder aus der zweiten gegebenen Curve construirt er auf eben die Art die erstere. Aus dieser allgemeinen Vorstellung leitete er eine Menge sehr merkwürdiger Sätze ab; er wurde dadurch unter andern auch auf die besondere Eigenschaft der Cycloide geführt, daß sie durch ihre Abwickelung eine ihr gleiche und ähnliche Cycloide, in umgekehrter Lage, erzeuge u. dgl. mehr. In gar vielen Theilen der Mathematik fand dies Alles die fruchtbarste Anwendung. Die Diacaustica, eine Art Ovale oder Ellipse zweiter Gattung, womit sich auch Descartes beschäftigte, hatte Huyghens zuerst betrachtet.

§. 93.

Der dänische Astronom Römer entdeckte bei seinem Aufenthalte zu Paris im Jahr 1674 die Epicycloide, oder diejenige krumme Linie, welche ein Punkt im Umfange eines Kreises beschreibt, der auf dem Umfange eines andern Kreises hinrollt. Er fand diese krumme Linie als die schicklichste Form für die Zähne der Räder, und von der Zeit an fanden auch alle Mechaniker bis jetzt, daß sie für die Zähne der Stirnräder die beste sey. Auch für die Gestalt der Däumlinge oder Hebedaumen in Stampf-, Hammer- und andern Hebemühlen hat man sie geschickt gefunden.

Der Franzose de la Hire schrieb im Jahr 1694 eine ausführliche, aber sehr verwickelte Abhandlung über die Epicycloide, ohne des Erfinders derselben zu erwähnen. Auch

der Engländer Halley stellte über diese krumme Linie (sowie über die Cycloide) manche scharfsinnige Untersuchung an. Dasselbe thaten, unter mancherlei Gesichtspunkten, Newton, Nicole, Hermann, Johann Bernoulli, Lexell, de l'Hopital u. A.

§. 94.

Mit dem Ende des siebzehnten Jahrhunderts begann für die Geometrie gleichsam eine neue Epoche. Die von Newton und Leibnitz erfundene Analysis des Unendlichen führte die Geometrie auf einem neuen herrlichen Wege zur leichtern und allgemeinern Auflösung gar vieler Aufgaben. Seit dieser Zeit waren Geometrie und Analysis (sowie reine Mechanik und Analysis) so genau mit einander verbunden, daß die Geschichte der einen von diesen Wissenschaften auch in die Geschichte der andern eingreift. Indessen behielt doch auch die Geometrie der Alten noch immer ihre Verehrer, vornehmlich in Italien und in England. So lieferten die Engländer noch immerfort vorzüglich gute Ausgaben der alten Geometer. So bearbeiteten sie auch die Kegelschnitte fleißig nach der Methode der Alten und zogen sie mit zu dem Elementar-Unterricht u. dgl.

Die geometrisch-analytischen Schriften des Newton enthielten viele sehr wichtige geometrische Untersuchungen, wodurch hauptsächlich die Theorie der krummen Linien an Vollständigkeit und Zusammenhang sehr viel gewann. Stirling, welcher Newtons Bemühungen im Jahr 1717 noch ergänzte, hatte denselben Weg zu entdecken gesucht, den Newton eingeschlagen hatte, um zu seinen großen Resultaten zu gelangen.

§. 95.

Die von Newton eingeschlagene Bahn verfolgten Bragelogne, Euler, Maclaurin, Cramer, Godin, Clairaut u. A. Maclaurin, welcher im Jahr 1746 starb, bewieß nicht blos Newtons Sätze, sondern erweiterte sie auch noch sehr beträchtlich, unter andern die Verfahrungsart, Curven zu beschreiben. Eine besonders feine Geometrie enthält das im Jahr 1742 zu Edinburg herausgekommene Hauptwerk des Maclaurin über Fluxionen.

Der berühmte französische Mathematiker Clairaut verfaßte schon in einem Alter von sechszehen Jahren ein vorzügliches Werk über krumme Linien von doppelter Krümmung. Seine darin vorkommenden höchst scharfsinnigen, aber schwierigen Untersuchungen benutzten Euler und andere große Mathematiker und Sternkundige zu manchen wichtigen astronomischen Theorien.

§. 96.

War auch Newtons Werk über die Principien der Naturwissenschaft voll von mancherlei geometrischen und geometrisch-mechanischen Untersuchungen und Bestimmungen, z. B. aus der Lehre von den Kegelschnitten, von Epicycloiden, Spiralen ꝛc., so waren doch die Untersuchungen und Entdeckungen des Leibnitz, dieses im Jahr 1646 zu Leipzig gebornen und 1716 zu Hannover gestorbenen großen Deutschen, nicht minder wichtig, als die Newtonischen. Schon seine neue Rechnung des Unendlichen hatte einen außerordentlich wichtigen Einfluß, nicht blos auf Geometrie allein, sondern auf alle mathematische Disciplinen.

Die beiden Bernoulli traten zu Ende des siebzehnten

und zu Anfang des achtzehnten Jahrhunderts mit Glück und Ruhm in die Fußstapfen des Newton und des Leibnitz. Sie machten sich bald an die schwierigsten Untersuchungen über mancherlei krumme Linien. Jacob Bernoulli untersuchte die, unter andern zu Brückenbögen sehr anwendbare, Kettenlinie auf verschiedene Weise; auch fand er die Gestalt eines vom Winde gespannten Segels. Johann Bernoulli gab schon im Jahr 1696 die berühmte Aufgabe von der Linie des schnellsten Falls (Brachystochrona). Auch suchte er die Synchrona oder diejenige krumme Linie zu finden, die in einerlei lothrechten Ebene auf einer stetigen Folge von Cycloiden Bögen abschneidet, welche insgesammt von dem Anfangspunkte aus in einerlei Zeit durchlaufen werden. De l'Hopital hatte für die praktische Anwendung diejenige Curve gefunden, auf welcher ein Gewicht, mit einer Zugbrücke, vermöge einer Kette, in jeder Lage derselben im Gleichgewicht bleiben müßte. Johann Bernoulli zeigte, daß diese krumme Linie die Epicycloide sey.

§. 97.

Hatte Newton auch schon die Rectification der Epicycloiden gefunden, so wandten doch erst die beiden Bernoulli's sie auf die neue Analysis an. De la Hire behandelte sie noch nach der Methode der alten Geometer auf eine zu mühsame und verwickelte Art.

Leibnitz und Johann Bernoulli geriethen auch auf die Auflösung von den rechtwinklichten Trajectorien, nämlich von denjenigen krummen Linien, die eine stetige Folge von Curven gleicher Art, wie sie nach einem

gewissen Gesetze beschrieben werden, unter einem rechten Winkel schneidet. Andere Aufgaben ähnlicher Art brachte mehrere Jahre später Nicolaus Bernoulli ans Licht. Sowohl Johann als Jacob Bernoulli hatten früher noch viele andere scharfsinnige geometrische Fragen aufgeworfen und aufgelößt. Dabei waren freilich auch mehrere unhaltbare mit untergelaufen.

§. 98.

Euler stellte ähnliche geometrische Aufgaben auf eine noch allgemeinere Art dar; und nach Euler erweiterte la Grange dieselben noch viel mehr. Dadurch entstand dann die seit einiger Zeit sogenannte Variations-Rechnung. Auch der im Jahr 1716 gestorbene Engländer Cotes hatte durch Hülfe der Analysis manche schöne geometrische Entdeckung gemacht, sowie der Franzose Moivre, der Italiener Fagano und Andere.

Die zu dem Bau von Gewölben so anwendbare Lehre von dem Durchschnitte der Oberflächen der Körper haben besonders französische Geometer entwickelt und mit neuen Entdeckungen bereichert, wie z. B. Derand, Jousse und Frezier. Monge fing mit vielem Glück an, die Theorie von den Durchschnitten und Projectionen der Oberflächen der Körper, von den doppelt gekrümmten Linien und geradlinicht-krummen Flächen zu erweitern; und Lacroix setzte diese Theorie geschickt und deutlich auseinander.

§. 99.

Sehr gute Geometer aus Leibnitzens Zeit waren de Witt und Hutte. Leibnitz besuchte den Letztern

in Amsterdam bei seiner Durchreise; er rühmte ihn sehr und versicherte, daß er in seiner Methode der Tangenten weiter gegangen sey als Sluse, daß er auch seit dem Jahr 1662 von derjenigen Quadratur der Hyperbel gewußt habe, welche Mercator im Jahr 1667 bekannt machte. Er konnte ferner die Aufgabe lösen: eine krumme Linie durch so viele Punkte zu beschreiben, als man nur will. Was er von der Wahrscheinlichkeit des menschlichen Lebens und von den Leibrenten geschrieben hat, gehört freilich nicht in diesen Abschnitt. Die erste absolute Rectification einer krummen Linie entdeckte der Engländer Neil.

Sluse hatte auch eine Methode erfunden, jede körperliche Gleichung auf unendlich verschiedene Weise mittelst des Kreises und der Kegelschnitte zu construiren. Auch Descartes war bei Construction der kubischen und biquadratischen Gleichungen nicht weiter gegangen, als bis auf den Kreis und die Parabel.

§. 100.

Die Neilsche Rectification, d. h. die zuerst von Wilhelm Neil gefundene Rectification einer krummen Linie (einer Parabel) wurde von Wren, Brounker u. a. bestätigt. Wallis fand nachher, daß diese Parabel eine kubische sey. Kurz darauf entdeckte Wren die Rectification der Cycloide nach einer Methode, welche von derjenigen des Wallis unabhängig war. Descartes hatte sich nicht einmal daran gewagt. Nicht lange nachher machte van Hevrart nicht blos dieselbe Entdeckung, ohne etwas von jenen englischen Entdeckungen zu wissen, sondern er ging noch weiter und bestimmte mehrere Parabeln, die sich völlig rectificiren ließen. Die

Wallis'sche Quadratur des Kreises gab auch zu einigen andern Erfindungen Gelegenheit, z. B. zu der Brounker'schen unendlichen Reihe für die Quadratur der Hyperbel. — So reiheten sich Entdeckungen an Entdeckungen und machten das damalige Zeitalter für die Mathematik sehr erfolgreich.

§. 101.

Was die Bereicherung der Lehre von den Kegelschnitten in den neueren Zeiten betrifft, so haben sich darin wohl zuerst der Jesuit Gregorius a Sancto Vincentio im Jahr 1647 und der berühmte Wallis im Jahr 1655 ausgezeichnet. In Frankreich schrieb de la Hire im Jahr 1685 ein ausführliches Werk über die Kegelschnitte; und der Marquis de l'Hopital, welcher im Jahr 1707 die analytische Rechnung darauf anwandte, zeigte auf eine scharfsinnige Weise, wie die Kegelschnitte zur Auflösung bestimmter und unbestimmter Aufgaben gebraucht werden können. De la Chapelle aber lehrte im Jahr 1755 sehr deutlich die Verbindung der Theorie der Kegelschnitte mit praktischen Anwendungen. Ein vorzügliches Werk darüber und über die krummen Linien überhaupt, lieferte Biot im Jahr 1802.

In England gab man sich viel mit den Kegelschnitten der Alten ab. Das Werk des Jacob Milnes vom Jahr 1702, eigentlich nach de la Hire bearbeitet, zeichnete sich durch Ordnung und Deutlichkeit aus und wurde deswegen auch mehrmals wieder aufgelegt. Besonders auch dasjenige, was, unter mehreren andern, Simson im Jahr 1755 und Hutton im Jahr 1787 über Kegelschnitte schrieben, verdiente den ihnen zu Theil gewordenen Beifall.

Die Deutschen haben sich weniger, wie die Franzosen und

Engländer mit den Kegelschnitten beschäftigt. Indessen ist doch das, was Bramer, Tempelhoff, Kästner, Karsten, Rüdiger, Heinrich, Klügel u. a. darüber gelehrt und geschrieben haben, aller Ehren werth.

§. 102.

Euclides hatte noch keinen allgemeinen Begriff von Aehnlichkeit gegeben; er setzte blos die zur Aehnlichkeit erforderlichen Bestimmungen für jede Art von Größen besonders fest, z. B. für ähnliche geradlinichte Figuren und für ähnliche Körper. Den allgemeinen Begriff von Aehnlichkeit nahm der Freiherr von Wolf in die Mathematik zuerst auf. Er war dazu von Leibnitz veranlaßt worden, der zuerst einen deutlichen Begriff von Aehnlichkeit überhaupt gegeben hatte. Nicolaus Bernoulli, Euler u. a. haben jenen Begriff noch mehr befestigt.

Den berühmten pythagorischen Lehrsatz (§. 58.) hatte Euclides sehr schön bewiesen; und noch immer findet man diesen Euclid'schen Beweis in den meisten mathematischen Lehrbüchern. Es sind aber bis auf die neueste Zeit viele andere Beweise geliefert worden, die zum Theil noch einfacher oder sinnreicher sind, als der Euclid'sche.

§. 103.

Die Lehre von den Parallellinien ist von jeher einer besondern Aufmerksamkeit gewürdigt worden, weil man sie noch immer nicht für fest begründet hielt. Schon im Jahr 1763 führte Klügel acht und zwanzig verschiedene Beweise von jener Lehre auf, und noch sehr viele kamen in der Folge dazu. Die allerneuesten sind von Schwab, Metternich und Burger. Der Metternich'sche ist besonders ausgezeich-

net, wenn er auch, wie alle, noch manches zu wünschen übrig läßt. Hoffmann lieferte im Jahr 1807 eine Kritik der Parallel-Theorie, freilich nicht in der besten Ordnung.

Der Grundsatz des Euclides über den Parallelismus war immer die Richtschnur für die Beweise der ältern Geometer, und ist es auch jetzt noch bei vielen. Schulz in Königsberg, das Mangelhafte der Methode des Euclides einsehend, schlug einen Beweis aus der Analysis des Unendlichen vor, der zwar nicht für Anfänger geeignet, aber sinnreich war. Er scheint nicht viel beachtet worden zu seyn. Auch konnten ihm allerdings mehrere der neueren Beweise vorgezogen werden.

Dritter Abschnitt.

Die Geschichte der praktischen Geometrie insbesondere.

§. 104.

Man kann leicht denken, daß die praktische Geometrie oder Feldmeßkunst (eigentlich wohl zur angewandten Mathematik gehörig, gewöhnlich aber mit zur reinen Mathematik gerechnet) die Fortschritte mitmachte, welche nach und nach die übrigen Theile der Mathematik thaten. Besonders hatte die Erweiterung und Vervollkommnung der theoretischen Lehren der Geometrie vielen Einfluß auf die Vervollkommnung der Feldmeßkunst. Aber auch manche Lehren der Physik wirkten wohlthätig auf die praktische Geometrie, sowie hauptsächlich die Vervollkommnung der praktischen Handarbei-

ten in der Werkstatt des Mechanikus, welcher dem Feldmesser die Instrumente liefert.

Schon die alten Geometer und Astronomen hatten mancherley Instrumente zum Horizontal= und Vertikalrichten von Ebenen, zum Messen gerader Linien auf dem Felde und auf dem Papiere, zum Winkelmessen und zum Winkel=Auftragen auf Papier u. dgl., wie z. B. Setzwaagen, Zirkel, Meßstangen, Maaßstäbe, Transportörs, eingetheilte ganze, halbe und viertels Kreise (Astrolabia und Quadranten) u. s. w. So beschreibt ja Ptolemäus schon Werkzeuge, welche unseren Astrolabien ähnlich sind. Aber diese Instrumente waren damals noch ziemlich roh und unvollkommen, besonders was die Theilung der Winkelmesser betraf. Auch ging es in der Folge nur langsam mit den Verbesserungen, weil die mechanischen Künste noch sehr zurück waren. Zwar gaben sich im fünften Jahrhundert Synesius und Cyrenäus, im eilften Jahrhundert Johannes Campanus und Hermannus Contractus, im zwölften der englische Mönch Athelardus viele Mühe um die Vervollkommnung solcher Instrumente. Indessen kamen doch vor dem sechszehnten Jahrhundert keine recht wesentliche Verbesserungen zum Vorschein.

§. 105.

Im sechszehnten und zu Anfange des siebzehnten Jahrhunderts wurden die Astrolabia, Quadranten, Sextanten und andere Winkelmesser, wie nicht blos der Feldmesser allein, sondern auch der Astronom sie nöthig hatte, von Peter Apian, Gemma Frisius, Tycho de Brahe und Faulhaber verbessert, selbst auf mannigfaltige und kunst=

reiche Art zusammengesetzt. Mehrere Jahre nachher machte sich der Engländer Gunter um die Vervollkommnung solcher Werkzeuge verdient. Aber erst durch die Erfindung des Nonius oder Vernier (§. 79.) erhielten sie einen besonders bemerkenswerthen Grad von Vollkommenheit.

Je größer der Durchmesser oder Halbmesser, folglich auch der Umfang eines Winkelmessers ist, desto größer ist der Raum, welchen jeder einzelne Grad einnimmt und in desto mehr noch kleinere Theile (Minuten und Sekunden) kann ein solcher Grad noch eingetheilt werden. Denn jeder ganze Kreis wird in 360 gleiche Theile oder Grade, jeder halbe in 180, jeder Quadrant in 90, jeder Sextant in 60 ꝛc. Grade eingetheilt, sein Durchmesser mag so groß oder so klein seyn, als er will. Wahrscheinlich gründet sich jene schon sehr alte Eintheilungsart auf eine alte Eintheilung der Sonnenbahn in 360 gleiche Theile, weil es schien, als wenn die Sonne jeden Tag um einen solchen Theil ihrer Bahn fortrückte.

§. 106.

Wenn aber der Kreis einen großen Durchmesser oder Halbmesser hat, so kostet er mehr, besonders wenn er aus Metall verfertigt ist; und weil er dann auch ein größeres Gewicht besitzt, so ist er auch schwerer zu transportiren und zu behandeln. Deswegen waren die Erfindungen sehr erwünscht, wodurch man bei solchen Winkelmessern von kleinern Durchmessern einzelne Grade doch bequem in kleinere Theile zu theilen vermochte.

So theilte Nonius (Nunez) einen Viertelskreis (einen Quadranten) in 90, einen andern concentrischen in 91, einen dritten in 92 u. s. f. gleiche Theile. Alsdann nahm

eine Abtheilung von dem letztern $1\frac{1}{90}$ Grad ein, zwei Abtheilungen nahmen $1\frac{2}{90}$ Grade ein, u. s. w. Da aber solche Theilungen noch unbehülflich waren, leicht Unsicherheit und Verwirrung bewirken konnten, so war die Eintheilung des Peter Vernier noch viel bequemer und besser. Dieser setzte nämlich mit dem Instrumente solche concentrische Kreisbögen mit Noniusschen Abtheilungen in Verbindung, die man fortschieben konnte und die den Gesichtskreis beständig begleiteten. Sie schnitten nun ebenfalls einzelne Theile von Graden ab. — Auf geradlinichte Maaßstäbe wurde diese Vorrichtung gleichfalls (§. 79.) angewendet.

§. 107.

Vor dieser Erfindung konnte man die besten Winkelmesser nur bis auf Sechstheile des Grades eintheilen. Mittelst der Erfindung des Vernier aber vermochte man die Eintheilung und Abzählung bis auf halbe Minuten, ja sogar bis auf fünf Sekunden genau zu bewerkstelligen. Stevin zu Utrecht war einer der ersten nach Vernier, der dieß nach Hebräus Vorschlage in Ausführnng brachte. Ihm folgte sein Landsmann Gutschoven.

Nach ein Paar Jahren, nämlich um's Jahr 1674, hatte man den Vernier, vielleicht absichtlich, schon so vergessen, daß man die Erfindung des beweglichen Bogens dem Hebräus zuschreiben wollte. Man fand aber doch auch bald wieder, daß man Unrecht hatte. Und nun erst fingen viele Künstler an, von Verniers Erfindung, nicht blos zu Winkelmessern, sondern auch zu andern Instrumenten mit geradlinichten Skalen Gebrauch zu machen. Die Unvollkommen-

heiten anderer Stücke der Instrumente stimmten freilich oft nicht mit einer so genauen Eintheilung überein.

§. 108.

Wenn sich auch im siebzehnten Jahrhundert viele geschickte Männer alle Mühe gaben, die Winkelmesser gut zu bearbeiten, so waren diese doch immer noch plump und unvollkommen, verglichen mit unseren jetzigen schönen Instrumenten. Nach dem damaligen Zustande der mechanischen Künste konnte man sie nicht besser erwarten. Hauptsächlich fehlte es noch an einer sehr genauen Eintheilung und an der Feinheit der Theilstriche, wodurch sich unsere jetzigen Winkelmesser so sehr auszeichnen.

Eine solche Vollkommenheit erhielten die Winkelmesser erst in der letzten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts, hauptsächlich durch den Fleiß und die große Geschicklichkeit der Engländer Ramsden, Bird, Troughton und Hutton, und der Deutschen Brander, Baumann, Reichenbach, Breithaupt und Tiedemann. Bei den Instrumenten dieser Männer waren die Theilstriche oft so fein, daß sie sich schwer mit bloßen Augen erkennen ließen. So konnte z. B. Brander in Augsburg eine Linie ($\frac{1}{12}$ Zoll) in 200 gleiche Theile theilen. Solche feine und akkurate Theile konnte man freilich nur mit der äußersten Geschicklichkeit vermöge Stangen- und Federzirkel zum Vorschein bringen; leichter und besser ging es mit kunstreichen Theilscheiben oder Theilmaschinen, wie de Chaulnes, Fontana, Ramsden, Reichenbach, Breithaupt und andere sie erfanden.

§. 109.

Vortrefflich zu größeren Ausmessungen waren die von

Hadley erfundenen, von Borda, Tobias Mayer, Brander, Ramsden u. a. verbesserten Spiegelsextanten, die mit ungemeiner Genauigkeit und Schönheit verfertigt wurden, sowie die in der neuern Zeit erfundenen Theodoliten, Repetitionskreise u. dgl. von Ramsden, Adams, Reichenbach, le Noir und andern. Sowohl bei solchen vorzüglichen Werkzeugen, als auch bei gewöhnlichen zu größern Arbeiten bestimmten Winkelmessern (Astrolabien) war es nöthig, statt der gewöhnlichen zum Visiren dienenden Dioptern (Absehen) Fernröhre zu nehmen, in deren Axe ganz dünne Fäden ausgespannt sind. Durch gute Mikrometerschrauben, die man in der neuern Zeit zu einer bewunderungswürdigen Vollkommenheit brachte, erhielt man dabei so kleine Unterabtheilungen, wie man sie weder durch Transversallinien, noch durch den Vernier erhalten konnte.

Der Kompaß oder die Boussole, welche der Neapolitaner Flavio Gioja im Jahr 1302 (zum Seegebrauch) erfunden haben soll, wurde erst in neuern Zeiten, mit Dioptern versehen, zum Feldmessen angewendet. Stegmann, Brander, Höschel u. a. verbesserten dieses Instrument vorzüglich für die Anwendung zur praktischen Geometrie.

§. 110.

Ein sehr einfaches und nützliches Werkzeug für den Feldmesser ist das Meßtischchen, welches der im Jahr 1616 gestorbene Altdorf'sche Professor Johann Prätorius erfunden haben soll. Marinoni verbesserte das Meßtischchen im Jahr 1752. Vorzüglich brauchbar war der im Jahr 1772 von dem berühmten Augsburgischen Mechanikus Brander

erfundene sogenannte Universalmeßtisch; sowie Hogreve in Hannover um's Jahr 1773, und Bugge in Kopenhagen um's Jahr 1798 allerley Verbesserungen mit diesem Werkzeuge trafen, wodurch es zusehends an Brauchbarkeit gewann.

Selbst die Mittel, den Meßtisch durch Nuß und Schrauben, besonders durch letztere, horizontal zu stellen, sowie die Mittel, diesen Stand zu jeder Zeit zu prüfen, wie Magnetnadel, Wasserwaage und unter dem Tische angebrachte Versicherungsdioptern, sind, sehr wesentlich zu einer sichern Messung, besonders in der neuern Zeit sehr wohl beachtet worden.

§. 111.

Die Zollmannsche Scheibe war vornehmlich in der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts ein berühmtes Feldmesser-Instrument. Zollmann hat sie eigentlich nicht erfunden, sondern im Jahr 1744 nur bedeutend verbessert; sie existirte schon zu Anfange des siebzehnten Jahrhunderts. Die Kreuzscheibe oder das Meßkreuz (eine Vorrichtung mit geraden Linien, die sich rechtwinklicht durchkreuzen, und mit Dioptern) gehört zu den einfachsten, noch immer häufig angewandten Meß-Werkzeugen. Auch der von Tobias Mayer angegebene Recipiangel ist sehr brauchbar und empfiehlt sich besonders durch Einfachheit und bequemen Gebrauch.

Der Jacobsstab, das geometrische Quadrat, Kirchers Pantometer, Züblers Instrument zum Grundlegen einer Landschaft, Züblers Scheibeninstrument, und einige andere ältere Feldmesserwerkzeuge, wie man sie unter andern schon vor ungefähr hundert

Jahren in Bion's mathematischer Werkschule beschrieben findet, werden in neuester Zeit wohl nicht leicht mehr angewendet. Selbst Branders dioptischer Sector vom Jahr 1769, der zu größern Arbeiten bestimmt war, wird heutiges Tages nur selten gebraucht. Interessant ist es immer, die verschiedenen ältern Instrumente aus Bion, sowie aus den Schriften des Levinus Hulsius in Frankfurt vom Jahr 1604, des Caspar Waser in Basel vom Jahr 1607, des Heinrich Hofmann in Marburg vom Jahr 1612, und um dieselbe Zeit auch des Franz Ritter in Nürnberg u. a. kennen zu lernen.

§. 112.

Unter Wasserwaage, Nivellirwaage, Libelle versteht man eine solche Vorrichtung, wodurch man, mittelst der Oberfläche einer in einer Röhre oder einem kleinen schmalen röhrenartigen Kasten eingeschlossenen geringen Quantität Wassers den horizontalen Stand einer Linie erfahren und somit auch den Unterschied in den Erhebungen verschiedener Oerter über der wahren Horizontallinie, sowie die Ungleichheiten des Bodens, bestimmen kann. Es giebt aber auch solche Wasserwaagen, und zwar diejenigen, welche zum Horizontal-Stellen eines Meßtischchens oder einer andern ebenen Fläche dienen, wo in dem Wasser eine kleine Luftblase sich befindet, aus deren genauer Lage über der Mitte des Wassers man den horizontalen (wassergleichen) Stand der Ebenen erforscht.

Erst gegen Ende des siebzehnten Jahrhunderts scheint das Wasserwägen oder Nivelliren mit solchen Instrumenten (welches auch für den Wasserbaumeister von großem Nutzen ist), vornehmlich durch Picard im] Jahr 1684 und

durch Ballet im Jahr 1688 aufgekommen zu seyn. Picard schrieb schon damals ein gutes Buch darüber, welches auch in fremde Sprachen, in's Deutsche von Passavant und später von Lambert, übersetzt wurde.

§. 113.

Die Kunst des Nivellirens wurde nach und nach vervollkommnet, sowie auch neue, zum Theil bessere, Wasserwaagen erfunden wurden. Das zeigen namentlich die Schriften des Sturm vom Jahr 1715, des de la Hire vom Jahr 1750, des le Febûre vom Jahr 1753, des Meister vom Jahr 1776, des Müller vom Jahr 1792, des Hogreve vom Jahr 1800, des Mönnich von demselben Jahre, und des Gilly vom Jahre 1801.

Neue Wasserwaagen erfanden unter andern der Holländer Huyghens, der Schwede Eckström, die Deutschen Brander, Kühn und Breithaupt, die Engländer Leigh, Sisson und Keir, die Franzosen Couplet und Berjus. Manche, wie z. B. diejenigen von Keir und Breithaupt, sind Quecksilberwaagen, weil Quecksilber dieselben Dienste leisten kann, wie Wasser, und in Vergleich mit diesem noch Vorzüge besitzt. — Die im Jahr 1758 von Roth erfundene Bergwaage kann vorzüglich dienen, das abwechselnde Steigen und Fallen in bergigten Gegenden anzugeben und in einen Riß zu bringen.

§. 114.

Beim Messen selbst wurden nach und nach mehrere Vortheile erfunden, wodurch die praktische Geometrie einen höhern Grad von Vollkommenheit erhielt. Solche Vortheile lernt man vorzüglich kennen in Johann Tobias Mayers

praktischer Geometrie, dem Hauptwerke über die Feldmeßkunst. So gab der berühmte Tobias Mayer, der Vater jenes noch lebenden trefflichen Göttingischen Mathematikers, im Jahr 1752 eine neue Methode an, Winkel auf dem Felde auch mit unvollkommenen Werkzeugen sehr genau zu messen, wie sie in jener praktischen Geometrie seines hochverdienten Sohnes beschrieben ist. So wurden die Mikrometer, wodurch man die scheinbaren Größen mancher Gegenstände mißt, vornehmlich durch Brander sehr vervollkommnet. So lehrte Hogreve einen vorzüglichen Gebrauch der Magnetnadel zur topographischen Aufnahme eines Landes. So wurde der bei großen Landesvermessungen und Erdgrad-Ausmessungen üblichen sogenannten Triangularmethode und der Bildung von Dreiecknetzen überhaupt, die schon in der ersten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts den Erdmessern Clairaut, Bouguer, Maupertuis und andern viel verdankte, in der neuern Zeit von Mayer, Bugge, Bohnenberger immer mehr Genauigkeit verschafft. Man lernte Standlinien, besonders große Standlinien, mit mehr Leichtigkeit und Genauigkeit messen. Man erfand Instrumente, Weiten aus einem Stande gut zu messen, wie z. B. dasjenige von dem Grafen Pacecco od Ucedos im Jahr 1767, und dasjenige von dem Dänen Ahl im Jahr 1793. Manche Schwierigkeiten bei Vermessung von Wäldern (die man meistens aus dem Umfange derselben entwerfen muß), von Städten, von Seen, Flüssen, Bergen u. dgl. wurden immer mehr und sicherer beseitigt, so, daß jetzt auch in dieser Hinsicht die praktische Geometrie auf einer hohen Stufe von Vollkommenheit steht.

§. 115.

Die sogenannten Wegmesser und Schrittzähler (Odometer und Pedometer) werden auch bisweilrn als Meßwerkzeuge benutzt. Diese aus mehreren Rädern und Getrieben zusammengesetzten Werkzeuge kommen durch den Gang eines Menschen oder durch den Lauf eines Fuhrwerks in Umtrieb, zählen dann die Schritte des Menschen oder die Umläufe eines Wagenrades und messen auf diese Art zurückgelegte Wege.

Schon der römische Baumeister Vitruv beschrieb einen solchen Wegmesser. Dieser war freilich gegen die unsrigen unvollkommen; denn in der neuern Zeit sind gar viele Verbesserungen damit vorgenommen worden. Im fünfzehnten Jahrhundert gab es sogar schon Wegmesser, womit man den zurückgelegten Weg eines Schiffes maß, und im sechszehnten Jahrhundert auch solche, wobei ein Hammer durch Schlagen an eine Glocke die Umläufe des Rades andeutete und zugleich eine Vorrichtung sich befand, welche die Länge des Weges auf ein Papier verzeichnete. Damals machten sich vornehmlich die Augsburger Martin Feyhel und Christoph Schißler durch die Verfertigung guter Wegmesser bekannt. Gegen Ende des siebzehnten Jahrhunderts brachten der Engländer Buterfield, zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts die Franzosen Saveux, Meynier und Outhier, sowie der Deutsche Zürne, neue Arten von Odometern zum Vorschein. Zu Ende des achtzehnten Jahrhunderts fand man unter andern die Wegmesser von Holfeld und von Catel in Berlin, und von Klindworth in Göttingen vorzüglich gut und brauchbar.

§. 116.

Eine eigne Art, Entfernungen zu messen, ist diejenige mittelst des Schalls. Schon zu Anfange des siebzehnten Jahrhunderts stellte Gassendi Versuche über die Geschwindigkeit der Schall-Fortpflanzung an. Mersenne, Roberval, Cassini, Huyghens, Picard, Römer, Boyle, Derham, Flamstead, Maraldi, de la Caille, Condamine u. a. thaten dies gleichfalls.

In den neuern Zeiten konnte man dies mit Hülfe der Tertienuhren noch genauer verrichten, indem man mittelst derselben die Zeit in Erfahrung brachte, welche der Schall eines Feuergewehrs (z. B. einer Kanone) gebrauchte, um eine gewisse abgemessene Strecke zurückzulegen. Da fand sich denn im Mittel, daß der Schall in einer Sekunde Zeit sich durch 1040 Fuß verbreitete. Wußte man dies, so konnte man auch umgekehrt aus der Zeit, welche der an einem gewissen Orte entstehende Schall (z. B. in einer belagerten Festung, auf einem Schiffe rc., auch der Donner am Himmel) bis zu einem Ohre hin gebrauchte, die Entfernung dieses Ohres von jenem Orte bestimmen.

§. 117.

Besondere Schwierigkeiten hatte das Verfahren, die Höhe einer Wolke, einer Feuerkugel oder eines andern Meteors zu messen. Schon Jacob Bernoulli that im Jahr 1688 Vorschläge zu einer Höhenmessung der Wolken, die sich auf die Farben-Veränderung der letztern, vom Sonnen-Untergange an, bezog. Aber diese Methode war sehr unsicher und unvollkommen, sowie alle folgende Verfahrungsarten, wie sie im Jahr 1754 de Mairan, im Jahr 1764 Bergmann

und Silberschlag, im Jahr 1771 le Roy, und im Jahr 1802 Benzenberg bekannt machten, gleichfalls noch manches zu wünschen übrig ließen.

Anwendbarer und wichtiger war die Erfindung, Höhen, z. B. Höhen von Bergen, mit dem Barometer zu messen. Torricelli hatte (im J. 1643) kaum das Barometer erfunden, als auch schon Pascal die Vermuthung äußerte, daß das Quecksilber in diesem Instrumente auf größerer Höhe immer weiter herabsinken müsse, und zwar in einem gleichförmigen Verhältnisse mit der Höhe. Sein Schwager Perrier bestätigte dies im Jahr 1648 durch wirkliche Versuche, die er mit dem Barometer anstellte. Nachdem ohngefähr 20 Jahre später der berühmte Mariotte das Gesetz entdeckt hatte, daß sich die Dichtigkeit der Luft wie die Kraft verhält, womit sie zusammengedrückt wird, so gab dies zu Regeln für Höhenmessungen mit dem Barometer Veranlassung. De la Hire, Halley, Horrebow, Bouguer, Maraldi, Maskelyne, de Lüc, de Saussüre, Zimmermann, Rosenthal, Hennert, Mayer, Gerstner, Benzenberg u. A. bestätigten diese Regeln, nur mit manchen Abänderungen und Berichtigungen. Die Regel des de Lüc, welcher so viele und genaue Versuche angestellt hatte, wurde vorzüglich geachtet und mit Nutzen angewendet. Nach ihm entspricht die Verminderung oder Vermehrung der Quecksilbersäule im Barometer um eine Linie einer vertikalen Höhen-Differenz von 75 Pariser Fuß. Unter dem Namen Reisebarometer waren zum Behuf der Höhenmessung eigene Barometer erfunden worden, worin das Quecksilber durch die Bewegung, durch Schütteln und Rütteln nicht in Unordnung kommen konnte.

§. 118.

Zum Höhenmessen der Bäume erfand man eigene Instrumente, Baummesser oder Dendrometer. Die Engländer Whittel und Duncombe, die Deutschen Jung, von Burgsdorf, Höschel und Späth und einige andere brachten dergleichen, vornehmlich zum Nutzen der Forstleute, ans Licht.

Die Deutschen, die überhaupt in der Meßkunst sich auszeichneten, waren auch in der sogenannten unterirdischen Geometrie oder Markscheidekunst, die man mit zu den Bergwerkswissenschaften rechnet, Vorgänger und erste Lehrer der übrigen neuern Völkern. Das beweisen ja die beiden ältesten Schriftsteller über die Markscheidekunst: Agricola und Reinhold. Letzterer wandte dabei schon im Jahr 1574 Trigonometrie an. Auch waren schon Quadrant und Compaß seine Hauptinstrumente.

§. 119.

Von jeher war es auch eine wichtige, häufig vorkommende Aufgabe in der Feldmeßkunst: von irgend einem gegebenen Stücke Land einen verlangten Theil abzuschneiden, oder das Land selbst in mehrere Theile einzutheilen, entweder von gleicher Größe oder nach einem gegebenen Verhältniß, durch Rechnung allein oder durch Zeichnung, oder durch Verbindung von Rechnung und Zeichnung. Schon im funfzehenten Jahrhundert hat dazu Lucas de Burgo eine brauchbare Anleitung gegeben, sowie von andern ältern Geometern Stevin und Clavius. Die spätere Methode des Franzosen Ozanam erhielt vielen Beifall.

Auch Tobias Mayer und Euler haben es der

Mühe werth gehalten, über die Theilung von Figuren Vorschriften zu geben. Für ganz praktische Feldmesser waren die Theilungsmethoden des Vollimhaus vom Jahr 1773, des Schulze vom Jahr 1782, des Schleicher vom Jahr 1793, des Böhm und Cammerer vom Jahr 1797 und des Bugge vom Jahr 1798 von großem Nutzen.

§. 120.

Figuren, die man auf dem Felde gemessen hat, im Kleinen auf Papier zu bringen, dazu ist der verjüngte (gewöhnlich tausendtheilige) Maaßstab sehr nützlich. Als Erfinder dieses Maaßstabes mit Transversallinien nennt man Johann Hommel, Professor der Mathematik zu Leipzig, von welchem im Jahr 1553 Tycho de Brahe ihn kennen lernte.

Der Storchschnabel, ein bekanntes Werkzeug zum Verjüngen, wurde von Marinoni auch zu geometrischem Gebrauch vorgeschlagen. Eben dazu giebt es aber auch eigne Verjüngungszirkel. Zum bloßen Kopiren von Grundrissen erfand der berühmte von Reichenbach in München ein eignes Instrument, welches er Pantograph nannte. Ueberhaupt giebt es zu solchen Zwecken noch verschiedene andere Verfahrungsarten, wie man sie in Johann Tobias Mayers praktischer Geometrie aufgeführt findet. Risse und Situationskarten zu zeichnen, lehrten z. B. Müller im Jahr 1778, Landerer im Jahr 1783, Lehmann, Kratzenstein und Schleicher im Jahr 1799 u. a.

§. 121.

Der Proportionalzirkel, womit man in kurzer Zeit mancherley Aufgaben aus der Lehre von den Proportio-

nen theils auf eine geometrische, theils auf eine mechanische Art aufzulösen im Stande ist, besteht aus zwei um ein Scharnier beweglichen, mit verschiedenen, wohl 14 bis 16, eingetheilten geraden Linien versehenen Linialen, welche, zusammengelegt, eine parallele Lage haben, unter jedem Winkel geöffnet werden können und in dieser geöffneten Lage ein gleichschenklichtes Dreieck bilden, dessen Spitze in dem Mittelpunkte des Scharniers sich befindet.

Man schreibt die Erfindung des Proportionalzirkels dem Guido Ubaldo um's Jahr 1568 zu, obgleich nach andern Erzählungen Fabricius Mordente ihn schon im Jahr 1554 erfunden haben soll. Daniel Speckle in Straßburg hat ihn im Jahr 1589 zuerst beschrieben; später Thomas Hood in London im Jahr 1598. Und doch tritt erst im Jahr 1607 der Mailänder Balthasar Capra auf, der ihn im Jahr 1597 erfunden haben will. Verändert kann er ihn haben. Einen Proportionalzirkel nach der gegenwärtigen Form beschrieb Clavius zu Rom im Jahr 1604.

Galilei machte um's Jahr 1606 einen Proportionszirkel bekannt. Auch hatte vor dem Jahr 1604 Just Byrgius ein solches Werkzeug erfunden, welches sehr sinnreich und künstlich war. Das aus einem einzigen Liniale bestehende von Metius, welches dieser im Jahr 1623 an's Licht brachte, kam demjenigen des Galilei nicht gleich, welches Goldmann im Jahr 1656 noch mit einem Kreisbogen zum Winkelmessen versah. Metius Instrument war eigentlich kein Zirkel, sondern nur ein Proportional-Lineal. Besondere Arten von Proportionalzirkeln aus dem 17ten Jahrhundert sind noch diejenigen des Borgis, des Bernegger,

des Bramer u. a. Im achtzehnten Jahrhundert haben Mallet, de Chales, Scheffelt, Scheibel und Lambert über den Proportionalzirkel geschrieben. Wenn er auch für solche Praktiker, die im Rechnen und in geometrischen Construktionen nicht geübt sind, von großem Nutzen seyn kann, so ist er doch in der neuesten Zeit, wo so manche Vortheile auf andern Wegen gefunden wurden, weniger gebraucht worden, als vor fünfzig und hundert Jahren.

§. 122.

Manche Maaße, wie wir sie besitzen, hatten die Alten schon; das beweisen ja die lateinischen Benennungen **Pes**, **Digitus**, **Palmus**, **Cubitus** u. s. w. Es war auch natürlich, daß man Theile des menschlichen Körpers, wie den Fuß, die Fingerbreite, ein Fingerglied, zu Maaßen benutzte. Die Deutschen nannten schon vor vielen Jahrhunderten den Fuß Schuh, weil die Messung mit den Füßen, wo man, um die Länge einer Linie zu bestimmen, immer einen Fuß an den andern setzte, nicht ohne Schuh geschah. Da aber sowohl die Länge der Füße auch an erwachsenen Menschen, sowie die Länge der Schuhe, so verschieden sind, so war es kein Wunder, daß auch die Fußmaaße in den verschiedenen Ländern von jeher so verschieden ausfielen.

So nannte man schon lange mehrere, etwa zehn bis sechszehn, an einander gesetzte Füße oder Schuhe eine Ruthe, weil man sie an eine gerade Stange verzeichnete. Die Ruthe selbst wurde (wie es z. B. Kübel in seinem Buche über Feldmessen vom Jahr 1616 bestimmt) in mehreren Gegenden auf folgende Art in sechszehn gleiche Theile oder Schuhe eingetheilt. Es mußten sechszehn Mann, kleine

und große, ohngefähr wie diejenigen, welche nach einander aus der Kirche gehen, ein Jeder vor den andern einen Schuh stellen. Da nun die Größe der Schuhe dieser Menschen verschieden ist, so theilte man die Länge aller in gerader Linie an einander gestellter Füße der 16 Männer, die Ruthe, in 16 gleiche Theile, um einen Schuh zu bekommen.

§. 123.

Die gewöhnlichen Maaßstäbe mit dem wirklichen natürlichen Maaße (Ruthen, Fußen, Zollen und Linien) haben auch in Hinsicht des Materials, woraus man sie verfertigt, manche Beachtung gefunden. Die dauerhaftesten und besten, welche auch am leichtesten mit feinen Theilstrichen versehen werden können, sind die metallenen (messingenen oder eisernen). Aber die metallenen Stäbe verlängern sich in der Wärme und verkürzen sich in der Kälte, und zwar um so mehr, je höher der Grad der Wärme oder Kälte ist. Und dadurch kommen natürlich in dem Maaße selbst Unrichtigkeiten hervor, welche bei Messungen, die eine sehr große Schärfe erfordern, zu Fehlern Anlaß geben. Diese werden bei großen Maaßstäben besonders merklich. So fand schon Condamine, daß ein eiserner Maaßstab von 6 Pariser Fuß Länge sich ohngefähr um $\frac{1}{87}$ einer Linie verlängert, wenn die Wärme nach dem Reaumürschen Thermometer nur um 1 Grad zunimmt. Man kann also leicht berechnen, wie viel die Verlängerung betragen würde, wenn die Wärme um 8, 10 oder mehr Grad wüchse.

Befestigte man einen großen Maaßstab mit einer tüchtigen Schraube nur mit seinem einen Ende an eine steinerne Wand, und brächte man an dem andern Ende einen Vernier

an, so könnte man daselbst die Größe des Verlängerns und Verkürzens wahrnehmen. — Bei ganz trocknen hölzernen Maaßstäben, woran man durch einen guten Firniß auch das Einziehen von Feuchtigkeiten verhütete, würde die Veränderung durch die Temperatur nur äusserst gering seyn.

§. 124.

Es ist wirklich ein Uebelstand und erschwert manche mathematische Bestimmungen, daß die Maaße, vornehmlich die Längenmaaße, der verschiedenen Länder so verschieden sind. Welch einen großen Vortheil würde dagegen ein allgemein übereinstimmendes Längenmaaß gewähren? Schon Christoph Wren, Picard, Huyghens, du Fay, Bouguer und Condamine haben deshalb Vorschläge gethan, die Länge eines Sekundenpendels zu einem solchen allgemeinen Maaße anzuwenden. Picard meinte, man solle den dritten Theil des Sekundeupendels für eine Sekunde mittlerer Zeit zu einem allgemeinen Fuße nehmen. Aehnlicher Meinung war auch Huyghens. Beide wußten noch nicht, daß die Länge des Sekundenpendels (welches 60 Schwingungen in der Minute oder 3600 in der Stunde macht) in den verschiedenen geographischen Breiten, wegen der sphäroidischen Gestalt der Erde, immer etwas verschieden ausfällt. Deswegen schlug de la Condamine zuerst vor, die Sekundenpendel-Länge unter dem Aequator als Norm für das Längenmaaß anzunehmen. Aber alle diese Vorschläge sind nicht realisirt worden. Die ganz genaue Bestimmung und Mittheilung eines solchen Normalmaaßes hatte aber auch einige Schwierigkeiten. Auf diese machte besonders der Engländer Whitehurst im Jahr 1789 aufmerksam.

In Frankreich führte man wirklich zur Revolutionszeit ein allgemeines Längenmaaß, das Metre, mit den gehörigen Unterabtheilungen ein. Ein solches Metre machte den zehnmillionsten Theil eines Meridiangrades nach Mechain's und Delambres Messungen aus.

Vierter Abschnitt.

Die Geschichte der Trigonometrie insbesondere.

§. 125.

Da die Lehre von den Dreiecken, worin man aus bekannten Theilen eines Dreiecks unbekannte zu finden sucht, in der Mathematik so ungemein wichtig war, indem dadurch so viele, ja die meisten Probleme der Feldmeßkunst, der Astronomie und anderer Zweige der angewandten Mathematik aufgelößt werden, so verfiel man schon in alten Zeiten darauf, bei der Dreieckslehre die Arithmetik auf eine eigne Weise mit der Geometrie zu verbinden, auf eine Weise, wodurch man leichter und genauer den erwähnten Zweck erreichte. So entstand daraus die Trigonometrie, welche je nach der Art der Seiten der Dreiecke in die geradlinichte oder ebene Trigonometrie und in die sphärische Trigonometrie eingetheilt wurde. Letztere war besonders für die Astronomie von unschätzbarer Wichtigkeit.

Die Lehre von den sphärischen Dreiecken, welche aus der Lehre von den geradlinichten ebenen Dreiecken abgeleitet werden mußte, war schwerer und verwickelter, als diese; des-

wegen entstand die sphärische Trigonometrie später, als die ebene, und machte auch langsamere Fortschritte.

§. 126.

Beschreibt man um ein Dreieck einen Kreis, dessen Peripherie durch die Scheitel aller Winkel des Dreiecks geht, so machen die Seiten des Dreiecks Sehnen oder Chorden der zu ihnen gehörigen Winkel am Mittelpunkte oder der ihnen gegenüber stehenden doppelten Winkel des Dreiecks aus. Da gab es also Verhältnisse der Seiten (Sehnen) zu den Winkeln und der Winkel zu den Seiten. Solche Betrachtungen, welche schon zu nützlichen Proportionen Anlaß gaben, legten den ersten Grund zur Trigonometrie. Man berechnete die Sehnen (Dreiecksseiten) aus den Winkeln oder aus den Kreisbögen, wozu sie gehörten. Man entwarf Tafeln, Chordentafeln, daraus, nicht blos für alle Grade von 0 bis 180, sondern auch für Theile von Graden.

Solche Chordentafeln, auch für halbe Grade, findet man schon im Almagest des Ptolemäus. Für den ersten Erfinder derselben aber, sowie für den Erfinder der ebenen und sphärischen Trigonometrie überhaupt, wird gewöhnlich Hipparch gehalten. Allerdings legte dieser auch in dem zweiten Jahrhundert vor Christi Geburt den Grund zu der eigentlichen genauen Astronomie. Ptolemäus wußte, wie Theon in seinen Erläuterungen zu des Ptolemäus Almagest anführt, die Sehnen-Erfindung des Hipparch schon trefflich auf astronomische Lehrsätze anzuwenden. Das that er freilich nur so weit, als er sie zu seinen astronomischen Untersuchungen gebrauchte. Nach Hipparch hat auch der

geschickte Geometer und Astronom Menelaus, welcher um das Jahr 55 der christlichen Zeitrechnung lebte, die Sehnen-Lehre erweitert und es in der Trigonometrie überhaupt schon so weit gebracht, daß er darüber, namentlich über die sphärische Trigonometrie, ein eignes Werk schreiben konnte.

§. 127.

Arabische Mathematiker waren vermuthlich die ersten, welche statt der Sehnen, die Hälfte derselben, Sinus genannt, in Betrachtung zogen, und zu den trigonometrischen Verhältnissen und Proportionen anwandten. Denn in dem um ein Dreieck beschriebenen Kreise sind die Hälften der Seiten des Dreiecks die Sinus der gegenüber stehenden Winkel, als Hälften der Sehnen der doppelten Bögen, welche diese Winkel messen; und so mußten wohl die gegenseitigen Verhältnisse der Hälften jener Seite überhaupt die Verhältnisse angeben, welche die zu einerlei Halbmesser gehörigen Sinus der gegenüberliegenden Winkel des Dreiecks hatten. Weil nun ferner die Hälften der Seiten sich wie die Seiten selbst verhielten, so mußten wohl die Seiten eines Dreiecks immer dasselbe Verhältniß zu einander haben, wie die Sinus der gegenüberliegenden Winkel für irgend einen Halbmesser.

Der berühmte arabische Astronom Mahomed al Batani, gewöhnlich Albatenius genannt, welcher zu Ende des neunten und zu Anfange des zehnten christlichen Jahrhunderts lebte, und dessen astronomisches Werk im Jahr 1537 in einer lateinischen Uebersetzung zu Nürnberg erschien, giebt von der Anwendung der Sinus die erste zuverlässige Nachricht. Da sie, unter andern Vortheilen, auch die Bequemlichkeit hatte, daß man dadurch die Mühe sparte,

die gegebenen Winkel zu verdoppeln, und daß die darnach entworfenen Tafeln, statt auf einen Halbkreis ausgedehnt zu werden, nun blos auf seinen Quadranten eingeschränkt wurden, so kann man leicht denken, wie gern und dankbar die nachfolgenden Mathematiker diese Erfindung aufnahmen.

§. 128.

Weil die Sinus der schiefen Winkel als Theile vom Sinus des rechten Winkels angesehen werden können, so nannte man letztern den ganzen Sinus oder Sinustotus. Wirklich werden auch als Theile des letztern die Sinus der übrigen Winkeln angegeben.

Die alten Mathematiker, wie Ptolemäus und Albatenius, theilten den Durchmesser in 120, folglich den Halbmesser in 60 gleiche Theile. Jeden dieser Theile zerlegten sie, auf ähnliche Art wie die Grade der Kreisbögen, in 60 Minuten, die Minute in 60 Sekunden; und in solchen Theilen des Halbmessers drückten sie, erst die ganzen Chorden und dann auch ihre Hälften aus. Die Unbequemlichkeit dieser Eintheilung nach 60 mußte man bald einsehen; aber erst der berühmte im Jahr 1461 zu Wien gestorbene Astronom Georg Purbach (eigentlich Peurbach) nahm in der Mitte des funfzehnten Jahrhunderts eine genauere und bequemere Eintheilung damit vor, indem er den Sinustotus in 100000 Theile theilte, und darnach eine neue Sinustafel von zehn zu zehn Minuten berechnete. Der Schüler dieses verdienten Mannes, Johannes Müller, gewöhnlich (von seinem Geburtsort Königsberg in Franken) Regiomontanus genannt, dehnte die Sinustafeln auf

einzelne Minuten aus. Zuerst berechnete er diese ebenfalls für den Halbmesser 600000, in der Folge aber auch für den Halbmesser 10000000. Im Jahr 1463 hatte Regiomontan schon ein trigonometrisches Werk (de Triangulis) ausgearbeitet; in diesem war aber der Halbmesser noch zu 600000 angenommen. Erst im Jahr 1490 kam etwas davon im Druck. Die ersten gedruckten Tafeln des Regiomontan für den Halbmesser 10000000 lieferte Johann Schoner zu Nürnberg im Jahr 1541.

§. 129.

Um dieselbe Zeit berechnete auch der ferrarische Astronom Johannes Blanchinus Sinustafeln für den Halbmesser 60000. Von diesen Blanchinischen Tafeln existirten schon im Jahr 1463 Abschriften. Im Jahr 1533 machte der Ingolstadtische Professor Apianus (Peter Bienewitz) durch den Druck eine Sinustafel bekannt, welche für den Halbmesser 100000 auf einzelne Minuten berechnet war. Der unsterbliche Astronom Copernikus rechnete, in seinem 1542 in Wittenberg erschienenen Werke von den ebenen und sphärischen Dreiecken, sowie in demjenigen von der Umdrehung der Himmelskörper (de revolutioribus orbium coelestium), welches im Jahr 1543 zu Nürnberg herauskam, aber schon im Jahr 1530 geschrieben war, gewöhnlich mit Sinus für den Halbmesser 10000; später bediente er sich auch solcher für den Halbmesser 100000.

In der zweiten Hälfte des sechszehnten Jahrhunderts berechnete Georg Joachim, von seinem Vaterlande (dem Voralberg, einem Theil des alten Rhätien) gewöhnlich Rhäticus genannt, die Sinus von zehn zu zehn Sekunden, zu=

erst für den Halbmesser 10000000000, später auch durch alle Sekunden für den Halbmesser 1000,000,000,000,000.

§. 130.

Das waren allerdings schon große Fortschritte in der Dreieckslehre; aber der größte Schritt zum Besten dieser Wissenschaft war doch wohl die Erfindung der Logarithmen für die Sinusse. Die Erfindung anderer trigonometrischer Linien war denselben vorangegangen (§. 40 ff.)

Tangenten und Tangententafeln hatten die Orientalen früher, als die Europäer. Ulugh Beigh, der Enkel des berühmten Tamerlan, hatte schon in der ersten Hälfte des funfzehnten Jahrhunderts Tangententafeln in 1000,000,000 Theilen des Halbmessers entworfen. Unter den Europäern hat Regiomontan den Gebrauch der trigonometrischen Tangenten zuerst und zwar für den Halbmesser 100000 eingeführt, obgleich er längere Zeit nur der Sinusse zur Auflösung seiner Aufgaben sich bediente, wie man aus seinem trigonometrischen Werke (de Triangulis) sieht. Georg Joachim Rhäticus berechnete zuerst die Tangenten, sowie auch die Sinusse von zehn zu zehn Sekunden für den Halbmesser 1000,000,000,000,000.

§. 131.

Die Cosinus der Winkel (oder die Sinus der Ergänzungswinkel zu 90 Grad) kommen gleichfalls schon bei Regiomontan vor. Die Sekanten der Winkel aber oder der sie messenden Bögen, findet man zuerst beim Rhäticus, welcher nach dem Jahre 1539 eine Tafel derselben (unter dem Namen Canon hypothenusorum) für den Halbmesser 10,000,000 berechnete, und noch vor dem Jahre 1553 her

ausgab. Im Jahr 1558 ließ Franz Maurolycus zu Messina eine Sekantentafel drucken. Später hat Rhäticus die Sekanten und Tangenten sowohl von zehn zu zehn Sekunden für den Halbmesser 10,000,000,000, als auch durch alle Minuten und für Decaden von Sekunden durch die ersten zwei Grade, für den Halbmesser 1000,000,000,000,000 berechnet.

Rhäticus betrachtete die geometrischen Linien als Seiten eines rechtwinklichten Dreiecks, die er Hypothenuse, Perpendikel, Grundlinie ꝛc. nannte; die Benennungen Sinustotus, Sinus, Cosinus, Tangente, Cotangente, Secante, Cosecante vermied er. Aber indem er dieses Alles in zierlichem Latein ausdrücken wollte, so kam er eigentlich erst in Schwerfälligkeiten und in unangenehme Weitläufigkeiten.

Viele Mühe machten ihm solche kleine Bögen, auf die man durch Halbiren nicht kommt. Peurbach hatte sich begnügt, die Sehne von einem Grade durch ihre Gränze zu bestimmen, wie es auch Ptolemäus gemacht hatte, und wie es, nach Peurbach, auch Regiomontan machte. Rhäticus aber suchte für einen viel größern Bogen, als diese gebrauchten, den Sinus einer halben Minute. Otho, welcher sich durch die Herausgabe der Werke des Rhäticus nicht geringe Verdienste erwarb, fügte auch noch die Berechnung schiefwinklichter Kugeldreiecke bei.

§. 132.

Der Engländer Johann Dee benutzte im Jahr 1573 manche der vorhergegangenen trigonometrischen Erfindungen. Er führte seine Rechnung genau, aber oft zu weitläufig. Zu

bedeutenden Fortschritten in der Trigonometrie hat er nicht Anlaß gegeben.

Man hatte nun für irgend einen bestimmten Halbmesser Tafeln für Sinus, Tangenten und Sekanten, die anfangs einzeln jede für sich, später zusammen oder vereinigt gegeben wurden. Einer der nächsten Berechner solcher Tafeln scheint im Jahr 1579 Franz Vieta zu Paris gewesen zu seyn. In ihren Schriften benutzten Fink im Jahr 1585, Clavius 1586, und Landsberg 1591 die Tafeln der Sinus, Tangenten u. Sekanten für den Halbmesser 10,000,000, und zwar nach Regiomontan, Reinhold und Rhäticus.

§. 133.

Höhern Werth erhielten auch die Tangententafeln und die späterhin entbehrlichen Sekantentafeln, als die Logarithmen (§. 36.) auf deren Berechnung angewandt wurden. So gab der Engländer Edward Gunter schon im Jahr 1620 briggische Logarithmen der Sinus und Tangenten durch alle Minuten auf sieben Decimalstellen ohne Kennziffer (der Sinustotus = 10 gesetzt) heraus. So enthielt Blacqs im Jahr 1626 zu Goude in Holland erschienene logarithmesche Arithmetik eine Tafel der Sinus, Tangenten und Sekanten mit dazu gehörigen Logarithmen, für den Halbmesser 100,000,000,000 (der Logarithme davon war aber nur = 10 gesetzt). Und so lieferte im Jahr 1632 Bonaventura Cavaleri Logarithmen der Sinus, Tangenten und Sekanten und der Quersinus von acht Decimalstellen.

Von nun an erschienen nach und nach die größern und bessern logarithmischen und logarithmisch-trigonometrischen

Tafeln von Vlacq, Ozanam, Wolf, Shervin, Vega, Schulze und andern (§. 45 f.), durch welche die Trigonometrie und mit derselben alle Zweige der Mathematik, vornehmlich der angewandten, zu einer immer größern Höhe emporstiegen. Gauß Logarithmen kamen den Astronomen ungemein zu statten.

§. 134.

Manche schöne und für die Anwendung wichtige Constructionen und Berechnungen an Dreiecken wurden bald nach Erfindung der Trigonometrie gemacht. Das sieht man schon in dem Almagest des Ptolemäus Albatenius. Und so hat der um die Mitte des dreizehnten Jahrhunderts lebende Campanus, vorzüglich aber der um die Mitte des funfzehnten Jahrhunderts lebende Regiomontanus, recht schöne trigonometrische Sätze aufgestellt, aufgelößt und gehörig erläutert. Unter andern sind Copernikus, Clavius, Fink, Lansberg, Cavaleri, Rheinhold, Vieta, Pitiscus, Snellius, Gellibrand, Kepler, Tartaglia, Schoten und Ougthred, Männer aus dem sechzehnten und siebzehnten Jahrhundert, denen die Trigonometrie in jenen Zweigen sehr viel zu verdanken hat.

So lieferte der Deutsche Bartholomäus Pitiscus, welcher im Jahr 1613 starb, das erste gründliche und vollständige Lehrbuch der Trigonometrie, vornehmlich der sphärischen. Ueberhaupt gab er mehrere die Trigonometrie betreffende Werke heraus. Zu seinen Berechnungen der Chorden und der Sinus wandte er die Regelfalsi (§. 31.) an. Bressius und Ursus machten sich ohngefähr um die

selbe Zeit gleichfalls mit der Trigonometrie vertraut, und suchten darin durch neue Entdeckungen Nutzen zu stiften.

Neper gab schon allgemeine Regeln zur Auflösung rechtwinklichter Kugeldreiecke, wie sie zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts auch Wolf erfand, ehe er Nepers Buch sah, sowie der Franzose Pingré in der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts.

§. 135.

Ehe man in der Trigonometrie die Logarithmen anwandte, war die geometrische Rechnung sehr mühsam. Denn stets mußte man zur Auflösung der aufgestellten Proportionen multipliciren und dividiren, und zwar oft mit sehr großen Zahlen. Zur Erleichterung dieses Verfahrens hatte man um das Ende des sechszehnten Jahrhunderts einen eigenen Kunstgriff zur Verwandlung der Multiplication und Division in die Addition und Subtraction erfunden, welchen man prosthaphäritisches Rechnen, auch wohl Aurea proportionis nannte. Der berühmte Tycho de Brahe und der bekannte Wittich in Breslau wandten dieses Verfahren vornehmlich bei Kugeldreiecken an. Clavius erweiterte dasselbe und Melchior Joestellius, ein geschickter Mathematiker zu Wittenberg, machte es so allgemein, daß es leicht zur Berechnung aller ebenen und sphärischen Dreiecke angewendet werden konnte.

Als die logarithmischen Tafeln, die im Anfange fast ganz allein der Astronomie gewidmet waren, auch auf die trigonometrischen Linien angewendet wurden, da gebrauchte man jene sonderbare Rechnung nicht mehr.

§. 136.

Im achtzehenten Jahrhundert wurde die Trigonometrie, die ebene sowohl, wie die sphärische, noch mehr erweitert, berichtigt und zu großen Zwecken, z. B. zu großen Landesvermessungen, zu Gradmessungen und zu verschiedenen astronomischen Bestimmungen, mit immer zunehmender Genauigkeit angewendet. Die Verbindung der Analysis mit ihr brachte sie auf einen hohen wissenschaftlichen Standpunkt; und wenn Männer wie Klügel, Busse, Schön, Lacroix, Scherffer, Wright, Schulze, Pfleiderer, Bohnenberger und andere sie in trefflichen Schriften bearbeiteten, so konnte es nicht fehlen, daß sie einen bedeutenden Grad von Vollkommenheit erlangen mußte.

Fünfter Abschnitt.

Die Geschichte der Algebra und Analysis.

§. 137.

Der Grieche Diophant (§. 7.) wird gewöhnlich für den Erfinder der Algebra, d. h. der Lehre von den Gleichungen gehalten; wenigstens hat er ein arithmetisches Werk geschrieben, das man schon ein algebraisches nennen könnte. So viel ist aber gewiß, daß zu Diophants Zeit und selbst später, solche Rechnungsarten, worin man unbekannte Größen durch Gleichungen findet, noch äußerst selten waren.

Diophant wußte eine Gleichung anzusetzen, und so einfach wie möglich zu entwickeln. Seine Gleichungen waren

nicht blos einfache Gleichungen vom ersten Grade, d. h. solche, worin eine unbekannte Größe nur als erste Potenz vorkommt, sondern auch quadratische Gleichungen oder Gleichungen vom zweiten Grade mit mehr unbekannten Größen, die als zweite Potenz (als Quadrat) vorkommen, kannte er schon.

Bei reinen arithmetischen Aufgaben, worin die Bedingungen der Frage alle schon in der Frage selbst gegeben sind, hatte die Erfindung der Gleichungen nur wenige Schwierigkeiten. Aber bei Anwendung der Rechnung auf Gegenstände der Geometrie, Physik und technischen Mathematik war die Bildung einer Gleichung schwerer; denn hier waren vielleicht nicht alle Größen gegeben, die auf Bestimmung des Gesuchten Einfluß hatten, oder es fanden zwischen den gegebenen und gesuchten Größen Bedingungen und Verhältnisse statt, die aus der Beschaffenheit des Gegenstandes flossen, in der Aufgabe selbst aber nicht vorkamen. Indessen hat sich der Scharfsinn der Mathematiker auch über solche und manche andere Schwierigkeiten hinwegzusetzen gewußt.

§. 138.

Diophants Werk über eine solche Arithmetik war höchst interessant. Wilhelm Xylander gab dieses Werk im Jahr 1575 heraus. Aber die beste Ausgabe desselben, in griechischer und lateinischer Sprache, erschien, mit den nöthigen Erläuterungen von Bachet und Fermat, im Jahr 1670 zu Toulouse. Leider gingen die letzten sieben Bücher desselben verloren. Vermuthlich enthielten diese die verwickeltsten Aufgaben. Diophant bediente sich für die verschiedenen Größen, z. B. für die unbekannten, eben so gewißer

Zeichen, wie die neuern Algebraisten sich der Buchstaben bedienen; und eigne Zeichen (griechische Buchstaben) hatte er auch für die verschiedenen Potenzen. Besondere Aufmerksamkeit verdient seine sinnreiche Anwendung der Analysis auf unbestimmte Aufgaben. Zwar kommen in Diophants Werke auch solche Aufgaben vor, die, wenn er jede der gesuchten Größen durch eigne von den übrigen unabhängige Zeichen ausgedrückt hätte, ihn auf unreine quadratische Gleichungen geführt haben würden; aber mit absichtlicher Kunst vermied er diese immer, so, daß er zuletzt immer reine quadratische Gleichungen erhielt. Diophant war also schon ziemlich weit gekommen. Und doch haben die Europäer ihre algebraischen Kenntnisse nicht zuerst durch Diophants Werke erhalten.

Unter dem Ausdruck diophantische Analysis versteht man die Auflösung unbestimmter Aufgaben, und solche, die auf höhere Gleichungen führen. Mit Auflösungen solcher unbestimmter Gleichungen nach Diophantus beschäftigten sich tausend Jahre nachher Vieta, Bachet, Descartes, Fermat u. a.

§. 139.

Die Araber, welche selbst von gelehrten Europäern, z. B. von Cardan und von Wallis, für die Erfinder der Algebra gehalten werden, (wenigstens vervollkommten sie die Diophantsche Algebra), kannten die Algebra schon zu den Zeiten des Al Mamon, nämlich im Anfange des zehnten Jahrhunderts. Sie hatten diese Wissenschaft von den Griechen erhalten, und theilten sie in der Folge den Europäern wieder mit. Ein italienischer Kaufmann, Leonardo von

Pisa, der ums Jahr 1200 große Reisen nach dem Orient unternahm, brachte von da die Kenntniß der arabischen Arithmetik und Algebra in sein Vaterland. In Italien fand diese neue Art der Arithmetik viele Liebhaber. Das bezeugen die in den italienischen Bibliotheken noch vorhandenen Manuscripte arithmetischer Werke. Anfangs waren die algebraischen Aufgaben meistens nur Räthsel von Zahlen; bald nachher wurden sie aber auch auf ernstere Gegenstände angewandt. Es sind Anzeigen vorhanden, daß die Araber bis zur Auflösung der Gleichungen vom dritten Grade und in einigen besondern Fällen bis zum vierten Grade gingen. Der Italiener, Lucas de Burgo, der die Algebra von den Arabern lernte, war einer der ersten, welcher diese Wissenschaft unter den abendländischen Christen genauer bekannt machte. Im Jahr 1494 ließ er in Venedig ein Buch darüber drucken. Er zeigte, daß der Name Algebra herkomme von Aljabre e Almucabala (restauratio et oppositio; Wiederherstellung und Gegenstellung; in Beziehung auf die verschiedenen Theile der Gleichung.) Mohammed Ben Moussa und Thabet Ben Corrah sind die ältesten arabischen Algebraisten. Jener hat, nach Cardans Zeugniß, die Auflösung der quadratischen Gleichungen erfunden; der letztere aber hat über die Gewißheit der Beweise der algebraischen Rechnungen geschrieben und die Algebra schon auf die Geometrie anzuwenden gewußt. Die Auflösung höherer Gleichungen sollen die Araber, nach dem Urtheil des Lucas de Burgo, nicht gekannt haben.

Lucas unterschied die Algebra in **Arte Maggiore** und **Arte Minore**. Jene sollte denjenigen Theil dieser Wis-

senschaft enthalten, welcher sich mit höheren Rechnungen beschäftigte; diese aber nur denjenigen Theil, welcher sich mit Rechnungen fürs gemeine Leben abgab. In jener kamen schon kubische Gleichungen vor. Ueberhaupt scheint das Werk des Lucas die Algebra allgemeiner gemacht zu haben.

§. 140.

Bald nach Lucas Zeiten wurde die Algebra oft Regel de Cos (Regola de la Cosa) genannt, weil Cosa oder Sache die unbekannte Größe und zwar ihre erste Potenz bedeutete. So hieß sie im sechszehnten und siebzehnten Jahrhundert auch bei den deutschen Algebraisten, die in der Algebra so erfahren waren, daß sie jeden Fremden darin etwas aufzurathen geben konnten, wie z. B. Christoph Rudolf, Johann Faulhaber und Christoph Clavius. Der berühmte deutsche Mathematiker Michael Stifel aus Eßlingen verbesserte Rudolfs Algebra noch, die im Jahr 1571 erschienen war. Auch Johann Scheybl oder Scheubelius in Tübingen hatte sich in der Mitte des sechszehnten Jahrhunderts um die Algebra viele Verdienste erworben. Faulhaber trieb im ersten Drittheile des siebzehnten Jahrhunderts die Cos auf höhere Gleichungen, als kubische, bei denen man bisher meistens stehen geblieben war. Mit algebraischen Spielwerken beschäftigte er sich gleichfalls. Der dreißigjährige Krieg lähmte den Geist der Deutschen und brachte sie aus Noth auf andere Beschäftigungen.

Der bekannte Italiener Hieronymus Cardanus machte sich im Jahr 1570 durch sein algebraisches Werk berühmt. Schon ums Jahr 1505 hatte Scipio Ferreo,

Professor der Mathematik zu Bologna, die kubischen Gleichungen in ein helleres Licht versetzt. Nicolaus Tartaglia war im Jahr 1530 noch weiter gegangen, und wenige Jahre nachher schrieb derselbe zu Paris eine gute praktische Arithmetik und Algebra. Ursus und Jung, gleichfalls zwei Cossisten vom Ende des sechszehnten Jahrhunderts, machten wirklich bedeutende Fortschritte in der Algebra.

§. 141.

Cardan und Tartaglia stritten sich lange um die Ehre mancher algebraischen Erfindungen. Ersterer machte sich um die Theorie der kubischen Gleichungen besonders verdient. Obgleich eigentlich Tartaglia schöne praktische Vorschriften zur Auflösung dieser Gleichungen an den Tag gebracht hatte, so wurden sie doch Cardan's Regeln genannt, weil Cardan sich um die Erweiterung derselben ein besonderes Verdienst erwarb. Er suchte Regeln für alle Formen und Abänderungen der kubischen Gleichungen, und fand auch, wie in solchen Gleichungen das zweite Glied hinweggeschaft werden könne. Zuweilen gebrauchte er auch schon Buchstaben, um Größen auf eine allgemeine Art zu bezeichnen und zu behandeln.

Die Aufgabe, drei Zahlen zu finden, die in stetiger geometrischer Proportion sind, deren Summe eine gewisse Zahl ist, und von welchem die erste und zweite, mit einander multiplicirt, ein gegebenes Produkt ausmachen, veranlaßte die Erfindung einer Methode biquadratische Gleichungen aufzulösen. Cardan ermunterte den Ludovico Ferrari aus Bologna, einen jungen Mann von mathematischen Talenten, die Auflösung zu versuchen; und es gelang diesem.

Bald nachher erhielt auch Bombelli Kenntniß davon; deswegen schreibt man zuweilen auch diesem die Erfindung zu.

Wenn nun auch diese Italiener es in den höheren Gleichungen weiter gebracht hatten, als die Deutschen, so waren letztere ihnen doch in den allgemeinern Kenntnissen der Algebra merklich überlegen. Rudolf und Stifel führten auch die Zeichen + und — für die Addition und Subtraction und manche andere nachher und bis jetzt gebräuchliche arithmetische Zeichen ein. Stifel nannte unter andern auch zuerst den Grad der Potenz, von der Anzahl der gleichen Faktoren ausgedrückt, Exponent. Die englischen und französischen Algebraisten, wie Recorde und Peletarius, benutzten bald die Entdeckungen jener verdienstvollen Deutschen.

§. 142.

Der niederländische Mathematiker Simon Stevin schrieb gegen das Ende des sechszehnten Jahrhunderts eine Arithmetik und eine Algebra, die beide manches eigenthümliche enthielten. Aber viel mehr verdankt die Algebra dem Franzosen Franz Vieta, der gegen das Ende des sechszehnten Jahrhunderts die allgemeine Rechnungsart mit Buchstaben einführte. Obgleich schon Cardan sich bisweilen allgemeiner Zeichen für die mit einander verbundenen Größen bediente, oder verschiedene Fälle der Gleichungen auf diese Art darstellte, so ging doch erst Vieta damit recht ins Allgemeine. Die bekannten Größen in der Gleichung bezeichnete er durch die Consonanten, die unbekannten durch die Vokale aus dem großen lateinischen Alphabet. Später hatte man für jene Größeu lieber die ersten Buchstaben des kleinen Alphabets, für diese die letz-

ten Buchstaben desselben Alphabets genommen. Auch verschiedene jetzt übliche Benennungen rühren von Vieta her, z. B. Coefficient, affirmativ, negativ 2c. In einer größern und vollkommnern Ausdehnung als Cardan nahm Vieta mit den Gleichungen fast alle ersinnliche Verwandlungen vor; dadurch gab er ihnen eine zur Auflösung bequeme Gestalt. Er lehrte, wie man aus einer Gleichung, wo Alles bekannte bestimmte Zahlen sind, den Werth der unbekannten Größe durch Näherung findet. Ueberhaupt bereicherte er die Algebra ganz ungemein.

Die schon bei seinem Leben gedruckten Werke des Vieta fanden vielen Abgang und wurden bald selten. Im Jahr 1656 hat der Holländer Schooten viele derselben gesammlet und herausgegeben. Am getreulichsten trat in Vietas Fußstapfen der Engländer William Oughtred.

§. 143.

Gleichzeitig mit Vieta und ebenfalls mit glücklichem Erfolge bearbeitete der Engländer Thomas Harriot die Algebra; und in der Bezeichnung der Größen war dieser noch geschickter als Vieta. Harriots erster Schritt in der Algebra war, alle Größen auf Null zu bringen, obgleich er von diesem Kunstgriff keinen rechten Gebrauch machte. Er entdeckte auch, daß jede höhere Gleichung ein Produkt aus einfachen Gleichungen sey. Ausserdem führte er zuerst den Gebrauch kleiner Buchstaben, statt der großen ein. Descartes hatte neue Constructionen der kubischen und biquadratischen Gleichungen gelehrt.

Zu Anfange des siebenzehnten Jahrhunderts erwarb sich der niederländische Mathematiker Albert Girard be=

sonders viele Verdienste um die Algebra. Er war der erste, welcher die Zusammensetzung der Coefficienten in einer Gleichung aus den Combinationen der Wurzeln jeder Art zeigte, da Vieta sie blos für positive Wurzeln bemerkt hatte, und Harriot zwar negative Wurzeln in die Combinationen aufnahm, aber sie nicht als Wurzeln der Gleichung betrachtete.

Sehr viel beschäftigte sich Girard mit den Combinationen. Die Menge derselben von irgend einer Gattung bei einer gegebenen Anzahl von Dingen stellte er durch ein Zahlendreieck dar, wie es in der Folge Paskal gleichfalls machte. Die Bedeutung der negativen Wurzeln in der Geometrie erklärte Girard sehr gut als solche, die Linien darstellen, deren Richtung die entgegengesetzte von derjenigen ist, welche die positiven Wurzeln angeben. Von ihm rühren auch die Ausdrücke größer als Nichts, kleiner als Nichts her; und die Eintheilung der Zahlen in Millionen, Billionen rc. hat er gleichfalls eingeführt.

§. 144.

Eine der schönsten Entdeckungen in der Mathematik war der binomische Lehrsatz, eine eigne analytische Formel, welche die Zusammensetzung einer Potenz des Binomiums (einer zweitheiligen Größe, wie $a + b$) aus den beiden Theilen (a und b) und den Exponenten der Potenz schnell und bequem darstellt. Mittelst jener Formel findet man sogleich jedes bestimmte Glied einer jeden Potenz mit Exponenten und Coefficienten, sowie die ganze Potenz überhaupt, z. B. $(a + b)^8$; $(a + b)^{100}$; $a + b)^n$.

Schon in Stifels Arithmetik vom Jahr 1544 kommen die Binomial-Coefficienten vor. Aber erst Briggs zeigte, wie die Coefficienten in jeder Potenz eines Binomiums unabhängig von einander gefunden werden. Indessen drückte er die Regel noch in Worten aus; eine analytische Formel gab er noch nicht. Erst der große Newton entdeckte, vor dem Jahr 1676, eine solche Form, welche für alle Arten von Exponenten gültig war. Diese Entdeckung hielt man für so wichtig, daß man sie auf Newtons Grabmale in der Westminster-Abtei eingrub. Beweise von diesem Binomischem Lehrsatze gaben Colson, Kästner, Aepinus, Euler, von Segner, l'Huilier, Busse, Rothe, la Grange, Kaußler u. a. zum Theil mit Hülfe der Differentialrechnung.

§. 145.

Der polynomische Lehrsatz, oder diejenige analytische Formel, welche die Zusammensetzung einer Potenz einer vieltheiligen Größe aus den Theilen derselben und den Exponenten der Potenz darstellt, ist zu Ende des siebzehnten Jahrhunderts von Leibnitz erfunden worden. Die Gebrüder Bernoulli nahmen damit verschiedene Veränderungen vor, sowie zu derselben Zeit Moivre, und später Cheyne, Colson und Euler. So erhielt der Lehrsatz drei verschiedene Formen.

Im Jahr 1779 machte sich Hindenburg in Leipzig um denselben Lehrsatz verdient, indem er die Combinationslehre darauf anwandte und ihn überhaupt deutlicher und genauer darstellte. Noch zu Ende des achtzehnten Jahrhunderts beschäftigte er sich damit, in Verbindung mit andern treff-

lichen Mathematikern, wie Tetens, Klügel, Kramp und Pfaff.

§. 146.

Gewöhnlich wird die Algebra als ein Theil der Analysis oder derjenigen mathematischen Disciplin angesehen, worin alle Größen durch Rechnung dargestellt und entwickelt werden. Da sie alle Größen wie Zahlen behandelt, so unterscheidet sie sich dadurch von der bloßen Geometrie sehr wesentlich. Indessen kann man auch die Gegenstände der Geometrie, nämlich die ausgedehnten Größen unter gewissen Gesichtspunkten als Zahlgrößen ansehen, und eben deswegen läßt sich die Analysis auch zur Darstellung und Entwickelung geometrischer Verbindungen von Größen anwenden, was allerdings da, wo es auf die Lage der Linien und Ebenen ankommt, oft umständlicher und schwieriger ist, als mit derjenigen geometrischen Zusammensetzung, welche durch ein der Geometrie eigenthümliches Verfahren geschieht.

Die Analysis der Alten, wie wir sie recht gut aus Pappus Sammlung geometrischer Untersuchungen kennen lernen, bezog sich auf die Geometrie; geometrische Hülfsmittel mußten ihr zu Stützen dienen. Die Analysis der Neuern aber erstreckt sich auf alle meßbare Gegenstände. Diogenes Laertius und Proclus schreiben die Erfindung der geometrischen Analysis dem Plato zu. Da wir aber von diesem berühmten Philosophen keine mathematische Schrift haben, so können wir sein Verfahren nicht beurtheilen. Indessen hat schon Archimedes einige merkwürdige Anwendungen der geometrischen Analysis beigebracht, wie wir aus dessen zweitem Buche von der Kugel und dem Cylinder

sehen. Hier vergleicht Archimedes die Größen mit einander, und zwar ohne Unterschied, ob sie gegeben oder unbekannt sind; und so kommt er zuletzt durch eine Verbindung von Sätzen, die auf den Eigenschaften der Kugel und des Kegels beruhen, auf eine Proportion, die unmittelbar eine Gleichung vom dritten Grade darstellen kann.

§. 147.

Nach der Wiederherstellung der Wissenschaften, vornehmlich im siebzehnten Jahrhundert, wurde die geometrische Analysis von Vieta, Fermat, Viviani, Ghetaldi, Snellius, Huyghens, Barrow u. a. sehr fleißig bearbeitet. Besonders suchte man die verlornen geometrischen Schriften der Alten wieder herzustellen. Die Engländer hauptsächlich zeichneten sich selbst, noch im achtzehnten Jahrhundert, durch solche Bemühungen aus. Das beweisen Halley, Horsley, Simson, Lawson, Wallis, Barrow u. a.

Descartes hatte seinen erfinderischen Scharfsinn vorzüglich auch bei Verbindung der Algebra mit der Geometrie gezeigt. Aber durch Newtons und Leibnitzens Erfindungen hatte die Analysis überhaupt einen noch größern Umfang und eine ganz andere Gestalt gewonnen. Denn nun war die eigentliche höhere Analysis dazu gekommen, oder die Analysis überhaupt war in zwei Haupttheile, die Analysis endlicher Größen (die Analysis des Endlichen) und die Analysis unendlicher Größen (die Analysis des Unendlichen) getheilt worden. Zu der Analysis endlicher Größen, oder derjenigen Analysis, welche sich mit Größen beschäftigt, die sich bestimmt angeben lassen, gehören schon viele wichtige Lehren, wie die Lehre von

den Funktionen oder Formen der Größen, der Anfang der Reihen-Theorie, die Lehre von den Combinationen, die combinatorische Analysis, der binomische und polynomische Lehrsatz, die logarithmischen Funktionen, die circulären Funktionen, die Analysis der krummen Linien, die endliche Differenzenrechnung, die unbestimmte Analytik u. dgl. Für diese Art von Analysis hat Euler im Jahr 1748 das wichtigste Werk geschrieben.

§. 148.

Die von Newton und Leibnitz auf verschiedenen Wegen erfundene Analysis des Unendlichen (Infinitesimalrechnung), die in der neuern Mathematik zu so großen Entdeckungen Veranlassung gegeben hat, beschäftigt sich mit den Gränzverhältnissen der Unterschiede der veränderlichen Größen in irgend einer Anzahl zusammengeordneter Reihen. Die Unterschiede werden hier gleichsam als unendlich kleine Bestandtheile des Endlichen betrachtet; man sucht das Verschwindende zu fassen, indem es verschwindet. Sie zerfällt wieder in zwei Haupttheile, die Differentialrechnung und Integralrechnung.

Allerdings hatten mehrere Gelehrte der Erfindung jener Rechnungsarten vorgearbeitet. Von Newton besonders wird behauptet, daß er aus Barrows geometrischen Lectionen die ersten Begriffe von der Rechnung des Unendlichen geschöpft habe. Ein sogenanntes Differentialverhältniß und der Begriff von Fluxionen (selbst das Wort fluere) kam schon im Jahr 1614 in Neper's Theorie der Logarithmen vor; und Fermat gebrauchte schon eine Rechnung, worin

die Differenz zweier Größen und dadurch mittelbar auch die Differenz zweier zugehörigen Größen verschwindend gesetzt wird, zur Bestimmung des größten und kleinsten Werthes einer Funktion (der Zusammensetzung einer Größe aus einer veränderlichen Größe und einer oder mehreren unveränderlichen). Der Ausdruck Funktion selbst in diesem Sinne wurde im Jahr 1718 von Johann Bernoulli zuerst gebraucht. Eigne Bezeichnungen dafür führten im Jahr 1733 Clairaut und im Jahr 1747 d'Alembert ein.

§. 149.

Gleichsam als Stellvertreter der Differentialrechnung wurde zu Newtons und Leibnitzens Zeit die Fluxionsrechnung eingeführt, oder die Rechnung mit fließenden (veränderlichen) Größen, deren Geschwindigkeit bei einer erzeugten Bewegung zunimmt. Sie ist aber nicht so bequem, als die Differentialrechnung. Uebrigens wurden die ersten Anwendungen der Fluxionen und der Differentialrechnung auf die Ziehung der Tangenten gemacht.

Wegen der Erfindung beider Arten von Rechnungen entstand zwischen den englischen und deutschen Mathematikern ein Streit, indem jene sie allein dem Newton, diese dem Leibnitz zuschreiben wollten. Vermuthlich haben sowohl die Engländer, als die Deutschen Recht gehabt, weil wahrscheinlich Newton und Leibnitz, jeder für sich, auf die Erfindung gerathen ist. Newton wurde durch Geometrie und Bewegungslehre auf seine Fluxionenrechnung geführt; Leibnitz durch Betrachtung der Unterschiede und Summen in den Reihen der Zahlgrößen auf seine Differentialrechnung. Leibnitz machte die seinige, die er schon im Jahr 1676 gemacht

zu haben versichert, im Jahr 1684 (in den Actis eruditorum) bekannt, Newton die seinige erst im Jahr 1687 (in den Principiis philosophiae naturalis). Zwar hat man Leibnitz beschuldigen wollen, er habe schon vorher Newtons Methode aus Briefen kennen gelernt; aber diese Beschuldigung läßt sich gar nicht beweisen und ist auch ganz dem Charakter des Leibnitz zuwider. Da auch jeder von den beiden großen Genies bei der Berechnung ganz andere Begriffe zum Grunde legt, so möchte auch wohl dieses die Wahrscheinlichkeit erhöhen, daß jeder durch eignes Nachdenken auf seine Erfindung gekommen ist, welches bei den Vorarbeiten anderer und bei Geistern, wie Newton und Leibnitz, nicht so sehr zu verwundern war.

Auf dem festen Lande Europens blieben die Leibnitzischen Ausdrücke und Größen fast bei allen Mathematikern gebräuchlich; die Engländer blieben bei den Newtonschen. Mit ganz vorzüglicher Schärfe bewies Maclaurin im Jahr 1742 die Gründe der Fluxionsrechnung; andere Mathematiker, wie z. B. Kästner, brachten im Jahr 1761 mehr Schärfe in die Differentialrechnung.

§. 150.

Newton und Leibnitz kannten auch schon, jeder für sich, die Integralrechnung. Leibnitz nannte sie die umgekehrte Differentialrechnung. In England war Craig einer der ersten, welcher von Newtons Methode Gebrauch machte. In Deutschland wandte Jakob Bernoulli, und demnächst auch Johann Bernoulli, bald die Erfindung des Leibnitz an. Johann Bernoulli führte auch zuerst die Benennung Integralrechnung ein.

Leibnitz selbst, durch vielerley Beschäftigungen zerstreut, konnte seine Gedanken nur flüchtig in Zeitschriften hinwerfen. Andere Mathematiker mußten daher seine Gedanken, in Hinsicht der Integralrechnung sowohl, als der Infinitesimalrechnung überhaupt, weiter ausführen.

In mehreren Fällen zeigte sich besonders Jakob Bernoulli als Meister in der Analysis des Unendlichen. Sein Bruder Johann, die Engländer Cotes, Robert Smith, Walmsley, Taylor und Maclaurin, sowie die Italiener Manfredi, Riccati, die Franzosen Carré, Nicole, Saurin, Clairaut, Condorcet und d'Alembert, auch die Deutschen Nicolaus Bernoulli, Goldbach, Hermann, hauptsächlich Euler, u. a. erweiterten sie bald sehr und wandten sie auf zahlreiche Gegenstände der Naturwissenschaften an. Eine besondere Art, rationale Funktionen durch Logarithmen, nach Zerfällung ihres Nenners, zu integriren, erfand Johann Bernoulli; und viele Vortheile in der Differentialrechnung verdanken wir dem Clairaut, Fontaine und Euler. In der neuesten Zeit haben Cousin, la Grange, la Croix, Bossut, Pasquich, Gauß u. a. wichtige Arbeiten in diesem großen Zweige der Mathematik geliefert.

§. 151.

Nach der Erfindung der Analysis des Unendlichen, worin immer von unendlich großen und unendlich kleinen Größen die Rede ist, veranlaßte der Ausdruck unendliche Größe manche Mißverständnisse und Mißdeutungen. Die Alten suchten immer und auf jede Art den Namen des Unendlichen und Alles, was hiermit einige Verwandschaft haben könnte,

zu vermeiden; selbst Cartesius gebrauchte noch dafür, gleichsam mit Zittern, das Wort unbegränzt (indefinitum). Auch mehrere große neuere Analysten versicherten, daß der Ausdruck unendliche Größe einen Widerspruch enthalte, obgleich Maclaurin im Jahr 1742 in seinem Werke über Fluxionen die eingebildeten Geheimnisse des Unendlichen zu zerstreuen gesucht hatte. Eben deswegen wünschte die königl. Akademie der Wissenschaften in Berlin schon im Jahr 1784 einen wahrhaft mathematischen Grundsatz, der an die Stelle des Unendlichen gesetzt werden könnte und doch die Untersuchungen weder erschwere, noch verlängere, welche man durch dieses Mittel bezweckte.

Der berühmte Karsten meinte noch, die Mathematiker trieben eine Art von Spiel mit dem Unendlichen; sie haben, sagt er, unendlich große und unendlich kleine Größen; ein unendlichmal Größeres und unendlichmal Kleineres; das eine Unendliche ist größer oder kleiner oder überhaupt anders, als das andere Unendliche; und überhaupt giebt es in der Mathematik sehr vielerley unendlich große und unendlich kleine Größen. Das, meinte er, wäre doch, wo nicht ungereimt, doch geheimnißvoll.

§. 152.

Die Geheimnisse des Unendlichen, welche manchem Gelehrten unbegreiflich schienen, schon weil unser endliche Geist das Unendliche nicht fassen kann, verwandeln sich aber, wenn wir sie offen und frei betrachten, theils in sehr offenbare Sätze, theils in sinnreiche Redensarten. Letztere sind von Vielen nur als Wortspiele angesehen worden. Kästner er-

klärt sich darüber (in seiner Vorrede zur Analysis des Unendlichen) auf folgende Art:

„Da sind jene Ausdrücke keine Wortspiele, wo man sie als Redensarten ansieht, um etwas kurz und nachdrücklich zu sagen, das man sonst viel weitläuftiger gesagt hat. Wie sich der kühne Ausdruck eines Dichters von dem vielleicht logisch richtigern, aber trocknen Vortrage des Philosophen unterscheidet, so ist ohngefähr die Rechnung des Unendlichen von den Beweisen der Alten unterschieden. Das feste Land hat jene Rechnung auch zuerst von einem Geiste gelernt, bei dem sich der Witz des Dichters, die Einsicht des Philosophen, die Gründlichkeit des Geometers und die Belesenheit des Polyhistors vereinigten. In der ersten Probe, die er von seinen Entdeckungen durch die Rechnung des Unendlichen gegeben hat, in seiner Quadratur des Kreises, hat er schon gezeigt, wie wir, troß unserer eingeschränkten Kräfte, das Unendliche fassen. Wir stellen uns nämlich nicht alle seine Theile vor; aber wir kennen das Gesetz, das alle diese Theile gemeinschaftlich beobachten."

§. 153.

Manche Streitigkeiten mit den Cartesianern über Gegenstände, die eigentlich nicht zur Mathematik gehörten, hatten Leibnitz einige Jahre von den weitern Untersuchungen über seine neu erfundene Analysis abgezogen; daher war es ein Glück für die Wissenschaft, daß während dieser Zeit die Gebrüder Bernoulli, nämlich Jacob, welcher im Jahr 1705, und Johann, welcher im Jahr 1748 starb, sich ihrer sogleich mit dem allergrößten Eifer annahmen, und sie durch eigne Erfindungen und Entdeckungen bereicherten. Die

Widersacher der Differentialrechnung, vornehmlich der Holländer Nieuwetyt und der Franzose Rolle, welche am Ende des siebzehnten Jahrhunderts auftraten, wurden bald zu Paaren getrieben.

Schon im Jahr 1690 hatte Jacob Bernoulli, der Professor in Basel war, die Aufgabe von der isochronischen Curve aufgelößt, und gefunden, was auch Leibnitz und Huyghens fanden, daß sie die zweite kubische Parabel sey. Im Jahr 1691 machte derselbe große Gelehrte zwei Aufsätze bekannt, worin er, vermöge der neuen Analysis, die Tangenten, die Quadraturen und Rectificationen der parabolischen Spirallinie, der logarithmischen Spirallinie und der loxodromischen Linie aufsuchte. An letzterer zeigte er selbst mehrere nützliche Eigenschaften. Bei derselben Linie wandte Leibnitz einige Aufgaben an, welche die arithmetrische Quadratur der Kegelschnitte betrafen.

§. 154.

Huyghens, Leibnitz und Johann Bernoulli hatten ums Jahr 1691 auch die Kettenlinie untersucht, und Jacob Bernoulli hatte die Auflösungen dieser Männer noch erweitert und zugleich gefunden, daß die krumme Linie des vom Winde gespannten Segels gleichfalls eine Kettenlinie sey. Auch mit den Evoluten (oder den durch Fortwälzungen entstehenden krummen Linien) hatte sich Jacob Beruoulli viel beschäftigt, wozu denn auch die Cycloide und Epicycloide gehörte; und die von dem bekannten Tschirnhausen (dem Erfinder der großen Brennspiegel) wenige Jahre vorher entdeckte Brennlinie, ent-

ging seinen scharfsinnigen Untersuchungen gleichfalls nicht. Huyghens, Leibnitz, Newton, de l'Hopital und noch einige andere scharfsinnige Mathematiker halfen kräftig mit zur Erweiterung der höhern Größenlehre, selbst durch mehrere Streitigkeiten, die sie mit einander in Zeitschriften führten.

Im Jahr 1695 erschien von Jacob Bernoulli eine vortreffliche Schrift über die elastische Curve, die isochronischen Curven, die Linie für den mittlern Lauf der Schiffe, die verkehrte Methode der Tangenten ꝛc., und zwar in einer erweiterten, berichtigten und vervollkommneten Form. Seit dem Jahre 1694 hatten auch Leibnitz und Johann Bernoulli, jeder für sich, die Exponentialrechnung erfunden; Leibnitz aber doch etwas früher, als Bernoulli.

§. 155.

Die Lehre vom Größten und Kleinsten (dem größten und kleinsten Werth einer veränderlichen Größe von bestimmter Form) ist schon bei den Alten, z. B. in Apollonius Werke über die Kegelschnitte zu finden. Aber von dieser Zeit an bis zum Jahr 1696 hatte die Auflösung aller dahin gehörigen Aufgaben, selbst diejenige des Descartes, Fermat, Sluse, Hudde u. a. nicht die gehörige Schärfe, Einfachheit und Allgemeinheit, die sie erst durch die Differentialrechnung erhielt. Also hatten Newton und Leibnitz auch hier für einen wichtigen Theil der Mathematik eine neue Bahn gebrochen. Jacob und Johann Bernoulli traten bald in diese Bahn und erweiterten sie, wie so manche andere zur höhern Analysis gehörige. Die Aufgabe von

dem Tage der kürzesten Dämmerung scheint eine der ersten gewesen zu seyn, woran die Gebrüder Bernoulli die neue Methode versuchten, eine Aufgabe, die schon im Jahr 1542 der bekannte Nonius (Peter Nunnez) geometrisch aufgelößt hatte.

Johann Bernoulli hatte im Jahr 1697 den Geometern mehrere Aufgaben vorgelegt, worin ein Kleinstes zu bestimmen war, z. B. diejenige Cycloide, auf welcher ein Körper von einem gegebenen Punkte bis zu einer gegebenen lothrechten Linie in der kürzesten Zeit fällt. Jacob Bernoulli zeigte, wie auf krummlinichten und geradlinichten Konoiden die kürzeste Linie zwischen zwei gegebenen Punkten gefunden werde; u. dgl. Die zuerst genannte Aufgabe, an deren Auflösung auch Jacob Bernoulli sich machte, entzweite die beiden Brüder, weil jeder glaubte, eine vorzüglichere Methode zu besitzen und es besser gemacht zu haben. Die größten Mathematiker, wie Newton, Leibnitz und de l'Hopital, sowie die berühmte Pariser Akademie wurden dabei zu Schiedsrichtern ernannt; aber erst nach Jacobs Tode fand es sich, daß dieser doch den Sieg davon getragen hatte.

§. 156.

Das Verfahren, mittelst der Differentialrechnung die Größten und Kleinsten zu bestimmen, wurde seit dem Jahr 1696 durch de l'Hopitals Analysis am bekanntesten. Auch Maclaurin brachte mehr Klarheit in diese Lehre. Besonders lichtvoll aber wurde sie von Euler und später von la Grange vorgetragen.

Die Betrachtungen über Figuren und Körper, in Hinsicht ihres Inhalts, bei einerley Begränzungen durch Seitenlinien

oder Seitenflächen, gehörten gleichfalls hierher. L'Huilier hat darüber ein Hauptwerk geliefert. Merkwürdig und interessant fanden die Mathematiker bei dieser Gelegenheit die Bienenzellen. Diese sind sechsseitig prismatisch, mit einem pyramidalischen Boden, der von drei Rhomben zusammengesetzt wird, welche an jeder der sechs Seitenflächen ein Dreieck abschneiden. Dadurch verwandeln sich die sechs Seitenflächen in Trapeze. Die drei Rhomben des Bodens machen mit den Seitenflächen und unter sich (kleine Ungleichheiten abgerechnet) Winkel von 120 Graden, eben so, wie die Seitenflächen mit einander. Hier zeigt es sich denn, nach den Untersuchungen mehrerer vorzüglicher Mathematiker, wie des Pappus, des Kepler, des Maraldi, des Maclaurin, des Boscowich, des l'Huilier und anderer, daß, bei einer gegebenen Höhe der Zelle, durch diese Lage der Bodenflächen und bei der daraus entspringenden Größe, der Aufwand an Wachs zur Construction des Bodens am geringsten ist.

§. 157.

In den letzten Jahren des siebzehnten und den ersten Jahren des achtzehnten Jahrhunderts waren Leibnitz, die Gebrüder Bernoulli, Newton und de l'Hopital unausgesetzt mit den sinnreichsten und schwersten analytischen Untersuchungen beschäftigt, z. B. mit den Quadraturen gewisser cycloidischer Räume, mit dem unbestimmten Schnitt der Kreisbögen, mit der Curve des gleichen Drucks, mit der Transformation der Curven in andere von gleicher Länge, mit neuen Näherungsmethoden für die Quadraturen und Rectificationen der Curven, mit dem Verfahren, gewisse krumme Linien aus gegebenen Verhältnissen ihrer Schenkel zu finden

u. dgl. mehr. Hatten auch alle diese Untersuchungen nicht gleichen Grad von Nützlichkeit, so haben sie doch mehr oder weniger zu den Fortschritten der Geometrie beigetragen. Aber bedauern muß man, daß große Männer auf kleinliche Eitelkeiten, auf kleinlicher Ruhmbegierde und kleinlichem Neid oft so versessen waren, daß sie deswegen ihren moralischen und literarischen Credit aufs Spiel setzten. So hatte der Marquis de l'Hopital (in seinem Buche des infiniment petits) eine sehr sinnreiche Regel vorgeschlagen, den Werth eines Bruchs zu finden, dessen Zähler und Nenner zu gleicher Zeit verschwinden, wenn man der veränderlichen Größe einen gewissen bestimmten Werth giebt. Niemand hatte ihm bei seinen Lebzeiten das Eigenthum der Erfindung dieser Regel abgesprochen; und kaum war er einen Monat todt, so trat Johann Bernoulli auf, und erklärte sich nicht blos für den Erfinder jener Regel, sondern auch für den Eigenthümer des Wichtigsten in de l'Hopitals Buche. Allerdings hatte de l'Hopital selbst erklärt, daß er sehr viel dem Unterricht von Johann Bernoulli verdanke, der mehrere Monate persönlich bei ihm war und mit ihm zusammen die neue analytische Geometrie studirte. De l'Hopital hatte aber schon vorher so viele Beweise einer gründlichen Wissenschaft gegeben, als daß sein Geist durch Bernoullis Erklärung hätte herabgewürdigt werden können.

§. 158.

Ueberhaupt machte das Ende des siebzehnten und der Anfang des achtzehnten Jahrhunderts eine brilliante Epoche in der Mathematik aus. Deutschland, England, Frankreich, Holland und Italien hatten die größten Mathematiker der

Welt aufzuweisen; ihre Analysten wetteiferten in dem Range, den sie wohl, besonders die der vier ersten Länder, in gleichem Maaße verdienen mochten.

Zu den vorzüglichern Arbeiten, welche wir dem großen Britten Newton verdanken, gehört auch sein Werk vom Jahr 1704 über die Enumeration der Linien dritter Ordnung, obgleich es nur auf die gemeine Analysis und auf die von Newton sehr weit gebrachte Theorie der Reihen gegründet ist. Es hat in der Folge andern gelehrten Geometern einen reichen Stoff zu sinnreichen Untersuchungen verschafft. Newton bildete mit vieler Gewandtheit Reihen, vermöge welcher er die Integration gewisser verwickelter Formeln auf einfachere Formeln zurückführte; und diese Reihen, die in gewissen Fällen abbrachen, gaben dann die Integrale in endlichen Gliedern. So gab die Entwickelung dieser Theorie eine lange Kette sehr schöner Sätze. Schade, daß Newton von Differentialgleichungen so wenig beibrachte, obgleich darin die deutschen, französischen und holländischen Mathematiker schon so bedeutende Fortschritte gemacht hatten!

§. 159.

Ueber die Fluxionen und unendlichen Reihen hatte Newton ein Werk geschrieben, welches die Methoden zur Bestimmung der Tangenten der krummen Linien, der von ihnen eingeschlossenen Räume, einige leichte Aufgaben über die Integration der Differentialgleichungen u. dgl. enthielt. Newton selbst hatte dieses Werk vermuthlich deshalb nicht drucken lassen, weil er glaubte, daß es weder zu seinem Ruhme, noch zu den Fortschritten der höhern Geometrie etwas beitragen würde. Neun Jahre nach Newtons Tode, nämlich

im Jahr 1736, gab es Pemberton heraus und im Jahr 1740 übersetzte Büffon es in's Französische. Höhere Geometrie war gar nicht Büffon's Fach; um so mehr muß man sich daher wundern, wie er die Dreistigkeit bekommen konnte, in der Vorrede zu jener Uebersetzung unsern großen Landsmann Leibnitz auf eine sehr unverschämte Weise herabzuwürdigen.

Im Jahr 1711 gab Newton seine Differentialrechnung (Methodus differentialis) heraus. Man fand darin unter andern ein sehr einfaches und bequemes Verfahren, krumme Linien durch Näherung zu quadriren. Alsdann wurde auch Newtons Parallelogram (analytisches Parallelogram) berühmt, ein geometrisches Hülfsmittel, wodurch wir aus einer gegebenen Gleichung die ersten Glieder einer unendlichen Reihe und das Gesetz ihres Fortgangs finden, so, daß dadurch auch alle übrige Glieder bestimmt sind. Es steht nicht bei uns, wie sie beschaffen seyn sollen, wenn wir die ersten festgesetzt haben. Nehmen wir für die ersten Glieder andere, so erhalten wir natürlich auch andere Reihen.

In Italien zeichnete sich im Jahr 1707 Gabriel Manfredi als ein vorzüglicher Geometer und Analytiker aus. Ein Werk, welches er damals zu Bologna heraus gab, zeigte seine große Fertigkeit in der Differential- und Integralrechnung.

§. 160.

Als Jacob Bernoulli gestorben war, trat der Schüler dieses berühmten Mannes, Jacob Hermann, mit vielem Glück in dessen Fußstapfen. Hermann, welcher im Jahr 1733 mit Tode abging, machte sich zuerst durch

eine Methode bekannt, die Krümmungshalbmesser in den Polarcurven zu finden. Später lößte er auf eine vorzügliche Art das Problem von dem unbestimmten Schnitt der Kreisbögen auf. Ueberhaupt rühren von ihm mehrere ausgezeichnete Werke her.

Auch der im Jahr 1759 gestorbene Nicolaus Bernoulli, ein Neffe des Jacob, machte sich frühzeitig berühmt, z. B. in den ersten Jahren des achtzehnten Jahrhunderts durch seine Wahrscheinlichkeitsrechnung. Auch tiefe geometrische Untersuchungen zeichneten ihn als einen trefflichen Mathematiker aus. In Frankreich hatte de l'Hopital zwar keinen Zeitgenossen, der ihm an Reichthum und Tiefe von höheren geometrischen und analytischen Kenntnissen gleich kam. Doch gab es damals auch in diesem Lande mehrere berühmte Mathematiker, deren Name in der Geschichte der Größenlehre nie erlöschen wird, wie z. B. Parent, Varignon und Saurin. Der erstere, welcher im Jahr 1716 starb, dessen Hauptfach eigentlich die Mechanik war, wandte unter andern die Lehre vom Größten und Kleinsten auf die Bewegung von Wasserrädern an; Varignon, der im Jahr 1722 mit Tode abging, gleichfalls mehr Mechaniker, erläuterte manche vorhandene Theile der Mechanik, z. B. mehrere Stellen in Newtons Principien, und wandte den Grundsatz vom Parallelogram der Kräfte auf die Gesetze des Gleichgewichts an; der im Jahr 1737 gestorbene Saurin aber, der schöne Aufklärungen über mehrere interessante Theile der Mechanik (z. B. über Uhren) gab, war auch der erste welcher die Theorie der Tangenten an vielfachen Punkten der Curven genau und klar entwickelte.

§. 161.

Nach der glänzenden Leibnitzischen, Newtonschen und Bernoullischen Periode für die Mathematik traten noch manche vorzügliche Männer auf, die sich durch schöne Entdeckungen verdient machten, wie z. B. ausser Nicolaus Bernoulli, dem Neffen von Johann, auch dessen leider schon im Jahr 1726 gestorbene Sohn Nicolaus, sowie der im Jahr 1782 gestorbenr Daniel Bernoulli, des letztern Bruder. So machten also fünf Bernoulli's ein herrliches Gestirn am mathematischen Himmel aus, das so lange leuchten wird, als die Welt steht.

An die Reihe dieser berühmten Männer schloß sich der große Euler, welcher, im Jahr 1707 geboren und 1783 gestorben, unter Johann Bernoulli die ersten Fortschritte in der Mathematik gethan hatte. Eine Akademie der Wissenschaften wurde damals in St. Petersburg gestiftet, welche eine Menge berühmter Geometer, Astronomen und Naturforscher an sich zog. Dahin gehörte außer Euler, auch Nicolaus Bernoulli, der Sohn, Daniel Bernoulli, Bilfinger u. a. Man suchte, unter andern, einzelnen Theorien der Geometrie und Analysis eine größere Ausdehnung zu geben, neue Theorien zu entdecken, die vorhandenen zu berichtigen ꝛc., oder auch, sie auf mancherlei Gegenstände der Natur und Kunst anzuwenden. So leuchtete in der Analysis Euler als ein Stern erster Größe, während Daniel Bernoulli, weniger ausgezeichnet als tiefsinniger Geometer, wie durch Freiheit des Geistes, ein vorzügliches Talent hatte, die analytische Geometrie auf die Physik anzuwenden, um diese Wissenschaft durch scharfe Rechnungen immer tiefer zu begründen.

§. 162.

Schon im einundzwanzigsten Jahre seines Alters, im Jahr 1728, gab Euler eine neue und allgemeine Methode, ganze Classen von Differentialgleichungen der zweiten Ordnung, die gewissen Bedingungen unterworfen sind, zu integriren. Nachdem der italienische Graf Fagnani, welcher seinem in der Geometrie und Analysis so berühmten Landsmanne Manfredi zur Seite ging, unter andern die Integralrechnung schon im Jahr 1718 mit vieler Geschicklichkeit auf die Bögen der Ellipse, Hyperbel und Parabel angewandt hatte, so nahm Euler im Jahr 1756 dieselbe Materie vor, und gerieth dabei nicht blos auf einen neuen Weg, sondern erfand zugleich eine Methode, eine sehr ausgebreitete Classe abgesonderter Differentialgleichungen zu integriren, deren beide Glieder jedes für sich zwar nicht integrabel sind, aber doch zusammen ein durchaus integrables Ganzes bilden.

Bei der Aufgabe von den Tautochronen verlangte man eine krumme Linie von solcher Beschaffenheit zu finden, daß ein schwerer längs ihrer concaven Seite herabfallender Körper immer in einerlei Zeit bei dem tiefsten Punkte derselben anlangt, von welchem Punkte der Curve er auch zu fallen anfinge. Huyghens hatte gefunden, daß die Cycloide die tautochronische Curve im leeren Raume sey. Newton, Euler und Johann Bernoulli erweiterten das Feld der Tautochrone, indem sie dieselbe von mehreren Gesichtspunkten betrachteten. Noch weiter ging Fontaine im Jahr 1734, sowie Taylor. Aber erst Euler setzte diese ganze Lehre im Jahr 1764 in das helleste Licht; er erläuterte nicht blos alle schon aufgelößte Fälle, sondern führte auch

noch sehr interessante neue auf, die er sehr einfach und klar entwickelte, so schwer sie auch im Ganzen seyn mochten. Lagrange und d'Alembert haben sich in der Folge mit ähnlichen Aufgaben beschäftigt.

§. 163.

Unter die wichtigsten mathematischen Entdeckungen, die man hauptsächlich dem Euler verdankt, gehört auch die Algebra der Sinus und Cosinus, ein Abkürzungsmittel für manche Theile der Mathematik, besonders für die physische Astronomie. Man kommt, durch die Combination der Bögen, der Sinus, der Cosinus und ihrer Differentiale auf Formeln, wobei in mehreren Fällen die Integrir-Methoden leicht anzuwenden sind; und eben dadurch geräth man auf eine Menge nützlicher Aufgaben, die man nun ohne gar zu schwierige und weitläuftige Rechnungen auflösen kann.

Wo strenge Auflösungen nicht möglich sind, da mußte man freilich durch Näherungsmethoden sich behelfen, so, daß man der Wahrheit möglichst nahe kam, wenn man sie auch nicht völlig erreichte. Die vornehmste Grundlage solcher Methoden ist die Theorie der unendlichen Reihen. Zwar haben die Engländer, z. B. Newton, Wallis, Stirling rc. diesen Zweig der Analysis mit vielem Erfolg bearbeitet, aber kein Mathematiker hat es doch weiter darin gebracht, als Euler, wie schon die Sammlungen der Akademie zu St. Petersburg und Berlin, sowie seine besonders erschienenen Werke, die mit analytischen Erfindungen von jener Art angefüllt sind, auf das Vollständigste ausweisen.

§. 164.

Im Jahr 1736 machte Euler auch den Anfang einer

Entdeckung, die für die Mathematik von den herrlichsten Folgen war; er fand nämlich ein charakteristisches Merkmal, woran man erkennen konnte, ob eine Gleichung in dem Zustande, worin sie sich befindet, unmittelbar integrabel ist, oder ob sie dazu einer Vorbereitung bedarf. Durch ein solches Merkmal sparte man viele vergebliche, sonst bei der Rechnung vorkommende Versuche. Fontaine und Clairaut machten im Jahr 1739 schöne Anwendungen von dieser Eulerschen Entdeckung, und erweiterten sie zugleich noch.

Im Jahr 1763 fand Euler auch die Bedingungen der Integrabilität für die Differentialgleichungen der höhern Ordnung. Er machte damit den geschickten Condorcet bekannt, aber ohne ihm die Beweise wissen zu lassen. Condorcet entdeckte sie indessen selbst auf einem einfachen Wege; ja er gab der Eulerschen Entdeckung noch eine weitere Ausdehnung. Schade, daß dieser scharfsinnige Mathematiker durch die Stürme der französischen Revolution seiner Wissenschaft entfremdet wurde und im Jahr 1794 in diesen Stürmen mit unterging.

§. 165.

Die sogenannte isoperimetrische Aufgabe (oder die Aufgabe über Größen von gleich großem Umfange), die zu der Lehre vom Größten und Kleinsten gehört, war von den Gebrüdern Jacob und Johann Bernoulli mit dem größten Eifer bearbeitet worden. Nun beschäftigte sich aber auch Euler mit vorzüglichem Erfolge damit, wie ein eigenes berühmtes Werk von ihm beweist, das im Jahr 1744 herauskam. Er betrachtete die krummen Linien, denen jene Untersuchungen gewidmet waren, von mehreren Gesichtspunk-

ten und brachte überall eine Menge sehr nützlicher und sinnreicher Anwendungen bei. So fand er z. B. daß der Kreis unter allen krummen Linien von gleichem Umfange die Eigenschaft hat, den größten Raum einzuschließen.

Im Jahr 1764 vereinfachte Euler jene Aufgaben noch mittelst der, eigentlich im Jahr 1760 von la Grange erfundenen sogenannten Variationsrechnung. Er hat diese Methode in mehreren Abhandlungen der Petersburger Commentarien, sowie in einem Anhange zum dritten Bande seiner Integralrechnung genau entwickelt.

§. 166.

Viviani's Problem von der Quadratur des als eine Halbkugel gestalteten Gewölbes hatte schon im Jahr 1718 einem zwar geschickten, aber wenig bekannten Geometer, Ernst Offenburg zu der Aufgabe veranlaßt: ein hemisphärisches Gewölbe mit einer beliebigen Anzahl ovaler Fenster unter der Bedingung zu durchbrechen, daß ihre Peripherien durch algebraische Größen ausgedrückt würden. Begreiflich gehören die verlangten krummen Linien, welche von der Durchschneidung der Kugel entstehen, zu den Curven von doppelter Krümmung.

Hermann, der im Jahr 1726 dieses allerdings sinnreiche und schwere Problem betrachtete, hielt die verlangten krummen Linien für sphärische Epicycloiden, und für algebraisch rectificabel. Johann Bernoulli zeigte im Jahr 1732, daß dies in den meisten Fällen irrig, und nur in einzelnen besondern Fällen möglich sey. Er selbst gab nicht nur die wahre algebraische und rectificable Epicycloide an, sondern lößte überhaupt das Offenburgische Problem völlig.

In der Folge löste der berühmte Maupertuis in Frankreich dasselbe von Bernoulli ihm zugeschickte Problem auf. Auch Nicole und Clairaut beschäftigten sich damit. Letzterer machte sich noch durch verschiedene andere ähnliche analytisch-geometrische Untersuchungen bekannt.

§. 167.

Euler kam im Jahr 1734 schon auf Spuren derjenigen Rechnung, welche man die Integralrechnung der partiellen Differenzen nennt. Aber erst d'Alembert, der hochberühmte französische Geometer, welcher im Jahr 1783 starb, schuf doch diese Rechnungsart eigentlich erst. Durch dieselbe will man nämlich eine Function mehrerer veränderlicher Größen finden, wenn man die Relation der Coefficienten kennt, womit die Differentiale der veränderlichen Größen versehen sind, woraus jene Function zusammengesetzt ist.

Taylor bestimmte diejenige krumme Linie, welche eine durch ein gegebenes Gewicht gespannte schwingende Saite bildet. Er fand, daß sie eine sehr länglichte Trochoide (eine Art länglichter Cycloide) ausmachte. Nach dieser Bestimmung gab er die Länge des einfachen Pendels an, welche dieselben Oscillationen in derselben Zeit macht, wie die schwingende Saite die ihrigen. Mehrere andere Geometer, denen dieses Problem gefiel, vornehmlich d'Alembert, Euler und Daniel Bernoulli, beschäftigten sich in den Jahren 1747 bis 1760 gleichfalls mit demselben und brachten wirklich sehr interessante, auch für die Theorie des Schalls, namentlich der Musik, nicht unwichtige Resultate zum Vorschein. Und so wurden die verschiedenen Lehren der höhern

Analysis durch die Bemühungen jener Männer, sowie auch durch la Grange, la Place, la Croix, Lexell, Lorgna, Cramer, Bezout, Cousin, Gauß, Pfaff, Hindenburg, u. a. immer weiter gebracht.

§. 168.

Daß die Italiener im achtzehnten Jahrhundert Mathematiker hatten, die in der höhern Analysis und Geometrie sehr erfahren waren, zeigen schon die Namen Manfredi, Viviani, Lorgna u. a. In der neuesten Zeit wurden vornehmlich Vincenzio Flauti, Franchini von Lucca, der Marchese Rangoni, Cisa de Gresy, Carlini, Frullani und Libri in jenen Wissenschaften berühmt. So wandte z. B. Franchini die Theorie des la Place von der **Fractio generatrix** in der Probabilitäts-Rechnung trefflich an, eine Theorie, um deren Ausbildung Rangoni sich viel Verdienst erwarb. So stellte Cisa de Gresy über Zerlegung der gebrochenen Exponenten, Carlini über Convergenz der Reihen u. dgl. sehr scharfsinnige Untersuchungen an. Das Hauptfach der italienischen Mathematiker war freilich die Mechanik, und zwar insbesondere die Hydraulik.

§. 169.

Wenn auch schon in ältern Zeiten manche Untersuchungen über die verschiedene Versetzung von allerlei Dingen angestellt seyn mögen, so ist doch die eigentliche Combinationslehre erst im sechszehnten Jahrhundert gegründet worden. Im Jahr 1559 gab Johann Butro alle mögliche Würfe an, die man mit vier Würfeln thun könnte. Vieta hatte sich schon vor dem Jahr 1616 mit Combinationen beschäftigt, und Harriots ganze Algebra beruhte

auf Combinationen von Wurzeln der Gleichungen. Pascal, Fermat und Mersenne betrachteten die Combinationen; erstere beide besonders in Hinsicht der Wahrscheinlichkeit bei Spielen, letzterer in Hinsicht musikalischer Töne. Guldin berechnete die Menge der Wörter, die aus 23 Buchstaben zusammengesetzt werden; er fand, daß sie über 25 Trillionen Bände von 1000 Seiten, jede Seite von 100 Zeilen und jede Zeile zu 60 Buchstaben anfüllen würden. Aehnliche Berechnungen, die zu ähnlichen ungeheuren Resultaten führten, stellte Prestet an.

Van Schooten, Leibnitz, Wallis, Jacob Bernoulli und Euler ließen gleichfalls die Combinationen nicht unberührt. Dir arithmetischen Combinationen erweckten in Leibnitz, welcher sich damit schon in seinem zwanzigsten Jahre (im Jahr 1666) sehr ernstlich beschäftigt hatte, die Idee von einer höhern Combinirkunst und einer combinatorischen zu großen philosophischen Erfindungen dienenden Charakteristik. Die eigentliche rein combinatorische Analysis aber gründete erst Hindenburg in Leipzig ums Jahr 1779. Er selbst sowohl, wie andere, z. B. Eschenbach im Jahr 1789, Fischer im Jahr 1792, Rothe und Töpfer im Jahr 1793, Burckhardt im Jahr 1794, Stahl und Weingärtner im Jahr 1800, Jungius im Jahr 1806 u. a. brachten nach und nach mehr Klarheit in diese Lehre, und bereicherten sie mit mancherlei neuen Ansichten oder Erfindungen.

§. 170.

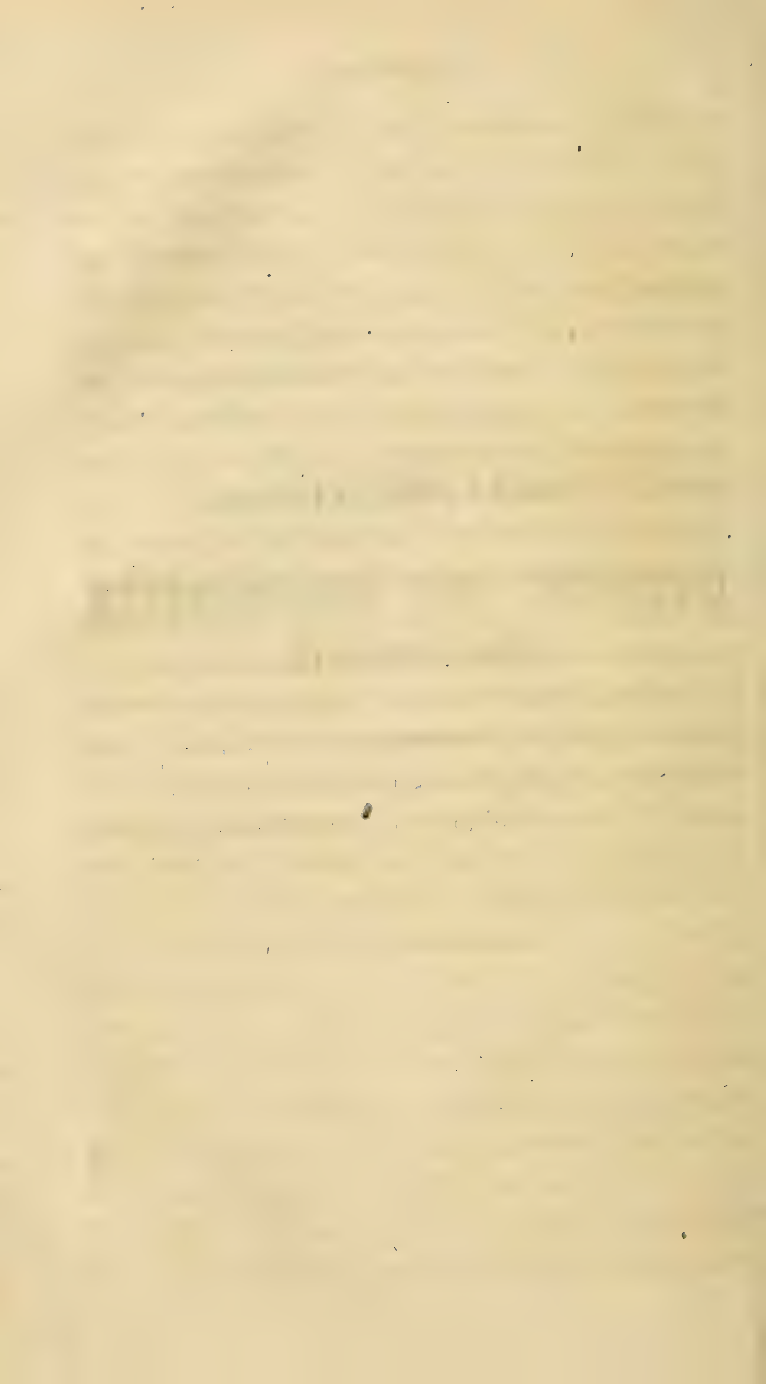
Eine besondere Rechnungsart, die man der neuern Zeit verdankt, ist die Derivationsrechnung; in ihr entwickelt

man nämlich eine Funktion einer veränderlichen Größe oder mehrerer veränderlichen Größen so, daß die Glieder der entwickelten Funktion nach einem bestimmten Gesetze von einander hergeleitet werden. Schon vor der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts hat Segner in Göttingen eine dieser Rechnung ähnliche Methode angewandt, ein Polynomium auf eine unbestimmte Potenz zu erheben. Die eigentliche Derivationsrechnung aber hat Arbogast in Straßburg zuerst ums Jahr 1800 bekannt gemacht, und bei verschiedenen schweren analytischen Entwickelungen gebraucht. Hindenburg verglich im Jahr 1801 und noch genauer im Jahr 1803 diese Derivationsrechnung mit seiner combinatorischen Analysis.

So stehen denn jetzt auch die verschiedenen Zweige der höhern Analysis auf einer bedeutenden Höhe. Daß sie noch höher steigen werden, läßt sich von der Lebendigkeit des menschlichen Geistes und dem steten Fortschreiten der menschlichen Kenntnisse wohl erwarten.

Zweite Abtheilung.

Geschichte der angewandten Mathematik.



Zweite Abtheilung.

Gechichte der angewandten Mathematik.

Erster Abschnitt.

Geschichte der mechanischen Wissenschaften.

§. 1.

Die Mechanik oder die Lehre vom Gleichgewicht und der Bewegung der Körper ist, besonders für das praktische Leben, eine der nützlichsten Wissenschaften, welche es giebt. a alle Körper entweder fest oder flüssig sind, so theilt man diese Wissenschaft in die Mechanik der festen und flüssigen Körper ein, und bei jedem dieser Theile macht man wieder die Zergliederung in die Lehre vom Gleichgewicht und in diejenige von der Bewegung. Da ferner aber auch die flüssigen Körper in Hinsicht mancher ihrer Eigenschaften wieder verschieden sind, da es tropfbare sogenannte unelastische Flüssigkeiten (z. B. Wasser), elastische dampfförmige Flüssigkeiten (z. B. Wasserdämpfe, die ihre Dampfform, folglich auch ihre Elasticität, wieder verlieren und wieder tropfbar werden können) und luftförmige oder permanent elastische Flüssigkeiten (wie z. B. unsere atmosphärische Luft) giebt, so hat man alle mechanische Wissenschaften eingetheilt: in die Statik oder die Lehre von dem Gleichgewicht fester Körper; in

die Mechanik oder die Lehre von der Bewegung fester Körper; in die Hydrostatik oder die Lehre von dem Gleichgewicht tropfbar flüssiger Körper; in die Hydraulik oder die Lehre von der Bewegung tropfbar flüssiger Körper; in die Aerostatik oder die Lehre vom Gleichgewicht luftförmiger Körper; in die Pneumatik oder die Lehre von der Bewegung der luftförmigen Körper; und in die Atmometrie oder die Lehre vom Gleichgewicht und der Bewegung der dampfförmigen Körper. — Wenn man nur bedenkt, daß das gesammte Maschinenwesen zu allen diesen mechanischen Disciplinen gehört, so wird man schon einsehen, wie umfassend sie sind.

Wendet man auf die mechanischen Disciplinen höhere Mathematik an, so theilt man sie auch wohl, wie es erst in der neuesten Zeit geschah, in die Dynamik, in die Hydrodynamik und in die Aerodynamik ein.

Jahrtausende verstrichen, ehe alle diese Wissenschaften den Grad der Vollkommenheit erreichten, welchen sie jetzt besitzen. Die größten Schritte zu dieser Vollkommenheit thaten sie erst seit den letzten hundert und fünfzig Jahren. Was sie in dieser Zeit praktisch Nützliches leisteten, umfaßt mehr, als früher in tausend Jahren geschah.

§. 2.

Es läßt sich denken, daß die Menschen schon in uralten Zeiten praktische Kenntnisse in der Mechanik, wenigstens eine natürliche Mechanik, besitzen mußten. Um schwere Lasten fortzuziehen und in die Höhe zu bewegen, um harte Körper zu zermalmen u. dgl. hatten sie gewiß schon allerley Vortheile ausgesonnen, die zur Mechanik gerechnet werden kön-

nen, wie Hebel, Walzen, Räder u. dgl.; und wenn man im Homer von den hephästischen Dreifüßen liest, die Vulkan verfertigte und die auf Rädern von selbst hin und her gelaufen haben sollen; ferner in dem Gellius von der fliegenden hölzernen Taube des Archytas; im Pausanias von dem durch mechanische Kraft sich emporschwingenden ehernen Adler; im Polybius von einer künstlichen kriechenden Schnecke bei einem Prunkaufzuge des Demetrius Phalereus; im Athenäus von allerley hin und her gehenden Figuren mit Lichtern bei einem prächtigen Hochzeitfeste; im Plato von Statuen, die er selbst verfertigt hatte und die davon liefen, wenn man sie nicht hielt; u. dgl. mehr: so sollte man denken, daß damals die praktische Mechanik schon auf eine bedeutende Höhe gebracht worden wäre, weil zu jenen Kunstwerken (einer Art Automaten oder sich selbst bewegender Figuren) schon allerley mit einander in sinnreiche Verbindung gebrachte Hebel-, Räder- und Federwerke gehören müßten.

Existirten zur Zeit der alten Griechen auch schon mancherley einfachere Arten von Maschinen, so scheinen ordentliche mechanische Grundsätze doch erst vom Aristoteles, 385 Jahre vor Christi Geburt, erfunden worden zu seyn. Aristoteles war der erste Schriftsteller in der Mechanik, welchen wir kennen, und auf seinen Grundsätzen baute hundert Jahre nachher Archimedes weiter fort; letzterer brachte auch neue wichtige Grundsätze hinzu, und wurde so der eigentliche Schöpfer der Mechanik.

§. 3.

Aristoteles entdeckte verschiedene Eigenschaften des

Kreises, die er auf die Bewegung von mancherley Dingen anwandte, und die später noch auf vieles andere angewandt wurden. So zeigte er, daß in einem Kreise, der um seinen Mittelpunkt gedreht wird, von zwei Stellen, deren eine entfernter vom Mittelpunkte ist, als die andere, die entferntere sich schneller bewegt, als die nähere, weil beide in einerley Zeit ganz herumkommen, jene aber dann eine größere Peripherie (einen größern Weg) beschreibt, als diese, und daß daher auch in zwei verschiedenen Kreisen die Geschwindigkeit und Leichtigkeit der Bewegungen wie die Umkreise, oder wie die Durchmesser sich verhalten.

Aus dieser Eigenschaft des Kreises bewieß Aristoteles schon, warum Waagen mit längern Armen genauer oder empfindlicher sind, als mit kürzern; warum das aus einer Schleuder geworfene weiter fliegt, als das aus der bloßen Hand geworfene, u. dgl. Auch zeigte er den wichtigen Einfluß derselben Eigenschaft auf Hebel, Wellen, Scheiben, Räder u. s. w. Er gründete darauf unter andern auch den Satz: je größer die Wagenräder sind, desto geschickter sind sie zur Geschwindigkeit und Leichtigkeit der Bewegung. Selbst auf Kurbeln (Krummzapfen), womit man manche Maschinen dreht, hatte er ihn schon angewandt. Warum man mit einem kleinen Steuerruder und mit geringer Kraft ein großes Schiff bewegen kann? Warum geworfene Körper nach einiger Zeit aufhören, sich zu bewegen? Dieses und noch manches andere waren Fragen, die Aristoteles schon zu beantworten wußte.

§. 4.

Archytas von Tarent soll, ohngefähr 400 Jahre vor

Christi Geburt, die bewegliche Rolle erfunden, folglich die erste Veranlassung zum Flaschenzuge gegeben haben. Aristoteles stellte über dieses mechanische Rüstzeug allerley Betrachtungen an, die auf den Hebel und auf seine oben angegebenen Grundsätze (§. 3.) sich stützten. Aber erst Archimedes ging damit genauer und gründlicher zu Werke. Das war auch der Fall mit Haspel, Walze, Keil und andern ähnlichen mechanischen Vorrichtungen.

Aristoteles kannte auch schon den Grundsatz, daß jede an einem Hebel oder an der Peripherie einer Scheibe, eines Rades u. dgl. angebrachte Kraft stärker wirkt, je weiter sie vom Umdrehungspunkte entfernt ist. Er machte seinen Zeitgenossen die Ursache einleuchtend, warum beim Fortziehen eines Schiffs das Seil nicht unten oder in der Mitte des Mastbaums, sondern ganz oben festgebunden wird; warum das Steuerruder vom Mittelpunkte des Schiffs am entferntesten seyn muß; auf welche Art Hämmer, Meisel, Aexte, Zangen und andere Werkzeuge verschiedener Handwerker und Künstler am vortheilhaftesten für die Kraft gebraucht werden müssen; u. s. w. Auch untersuchte er die Stärke der Balken, worauf eine Last drückt, und stellte Betrachtungen über das Brechen derselben an. So fand er, daß lange Balken sich mehr biegen, als kurze; und dies alles wollte er gern auf manche Vorfälle des praktischen Lebens angewandt wissen. Auf eigentliche Beweise ließ er sich freilich beinahe gar nicht ein.

§. 5.

Die Erfindung der wahren Theorie des Gleichgewichts verdanken wir ohnstreitig dem Archimedes. Dieser vor-

treffliche Mathematiker stellte über eine W a a g e folgende Untersuchungen an (wie sie in seinem Buche de Aequiponderantibus vorkommen): Wenn die beiden Arme einer gemeinen Waage, geradlinicht, oder (wie es bei den alten Griechen gewöhnlich war) bogenförmig geschweift, gleich lang sind, so müssen für den Zustand des Gleichgewichts der Waage auch beide in den Waagschaalen liegende Gewichte gleich seyn; und wenn e i n e r der Arme länger ist, als der andere, wie bei der sogenannten S c h n e l l w a a g e, so muß das an dem längern Arme angebrachte Gewicht in demselben Verhältniß geringer seyn, als der lange Arm länger wie der kurze ist. Und so kam er bei einer ungleicharmigen Waage zu dem Schluß, daß zwei an den ungleichen Armen einer solchen Waage aufgehängte Gewichte den Armen der Waage umgekehrt proportionirt seyn müssen, wenn das Gleichgewicht statt finden soll. — In diesem Grundsatze ist wirklich die ganze T h e o r i e d e s H e b e l s und aller derjenigen Maschinen enthalten, welche sich auf die Lehre vom Hebel gründen.

A r c h i m e d e s bemerkte auch, daß die beiden Gewichte auf den Unterstützungspunkt der Waage denselben Druck ausüben, als wenn sie unmittelbar an diesem Punkte angebracht wären. Auch bei drei, vier und mehr Gewichten, die auf e i n e n Punkt drückten, nahm er dasselbe wahr. Und so wurde er auf einen allgemeinen Mittelpunkt der Kraft geführt, den man M i t t e l p u n k t d e r S c h w e r e oder S c h w e r p u n k t zu nennen pflegt. In der That suchte er auch schon die Lage eines solchen Schwerpunktes in einem Parallelogramme, in einem Dreiecke, in einem Trapez, in einer Parabel u. dgl. zu bestimmen.

§. 6.

Die Theorie der schiefen Ebene, des Flaschenzugs und der Schraube schreibt man gleichfalls dem Archimedes zu, sowie er auch nicht blos die Schraube, sondern auch die Schraube ohne Ende erfunden haben soll. Die Erfindung der einfachen Schraube allein ist beinahe für alle Künste des menschlichen Lebens von unbeschreiblichem Nutzen gewesen. Wie häufig wendet man sie nicht zur Befestigung von Sachen, zum Pressen, Zerdrücken, Ausdrücken rc. an! Und mit welcher Kraft-Ersparniß kann man nicht die Schraube ohne Ende als Hebzeug anwenden! anderer von der Mechanik entfernter liegender Anwendungen (z. B. zu Handwerkszeugen, zu Instrumenten für Feldmesser und Astronomen) nicht einmal zu gedenken.

Archimedes selbst traute seinen Maschinen und seinen mechanischen Kenntnissen überhaupt so viel zu, daß er dem König Hiero versicherte: wenn er im Himmelsraume einen festen Punkt hätte, so wolle er die Erde selbst aus ihrer Stelle hinwegrücken können. Und um dem Könige eine Probe von der Möglichkeit seiner Behauptung abzulegen, so soll er ganz allein mit seinen Maschinen, worunter sich vorzüglich die Schraube ohne Ende befand, ein schweres Lastschiff vom Lande in's Wasser gebracht haben.

§. 7.

Ueberhaupt hatte Archimedes eine Menge zusammengesetzter Maschinen erdacht, deren Wirkung mit hoher Bewunderung gesehen wurde. Haspel und Göpel, die den gemeinschaftlichen Namen Winde führen, waren schon vor Archimedes da. Dieser aber wußte sie auf eigne Weise

anzuordnen und mittelst anderer Rüstzeuge viel kräftiger zu machen. Man sagt, er habe mittelst eines Haspels, zu dessen Verstärkung er einen Flaschenzug, wahrscheinlich auch eine Schraube ohne Ende gebrauchte, blos mit der linken Hand eine Last Getraide von 7000 Scheffeln (Modiorum) herbeigezogen.

Der Haspel oder diejenige Winde, deren Wellbaum horizontal liegt; wurde von den Griechen ὄνον oder ὄνενον, von den Lateinern Sucula, der Göpel oder diejenigen Winde, deren Wellbaum senkrecht steht, wurde von den Griechen Ἐργατας, von den Lateinern Ergata genannt. In der Axe des Haspels steckte eine Kurbel zum Drehen, wie noch jetzt bei unserm Hornhaspel oder Berghaspel; oder quer durch die Welle wurden kreuzweis Stöcke gesteckt, woran die Menschen das Drehen verrichteten, wie bei unserm Kreuzhaspel. Bei dem gemeinen Göpel wurden eben solche Stöcke auf dieselbe Art durch den Wellbaum gesteckt; und als man den Göpel von Pferden treiben ließ (als man aus ihm einen Pferdegöpel machte) da gab man dem Wellbaume, wie auch bei den Pferdemühlen oder Roßmühlen, einen langen Hebel zum Anspannen des Pferdes. Den Haspel hat man in der Folge auch mit Treträdern oder Laufrädern versehen; man hat, wie bei den Krahnen und andern zusammengesetzten Winden, Flaschenzüge, gezahnte Räder rc. damit verbunden. Vorzüglich wandte man, damals und später, zur Griechen- und Römer-Zeit, Winden und andere mechanische Rüstzeuge bei den Kriegsmaschinen an, bei Schieß- und Wurfmaschinen (Katapulten und Ballisten), bei Sturmböcken, bei beweglichen Thürmen u. s. w.

§. 8.

Berühmt wurde Archimedes auch durch seine künstlichen Sphären oder Planetenmaschinen, d. h. solche Maschinen, welche die Bewegung der Himmelskörper darstellen sollten. Sie bestanden aus Rädern und Getrieben, welche in einander griffen und deren Anzahl Zähne so berechnet worden war, daß sie kleine künstliche Weltkugeln nach einem ähnlichen Verhältnissen herumtrieben, wie es in der Natur im Großen geschieht.

Die unter dem Namen Räderwerk bekannte Verbindung von Rädern und Getrieben kam schon zu Aristoteles Zeiten, und wer weiß, wie viel früher, vor; auch stellte Aristoteles über solche Räderwerke schon mancherlei nützliche Betrachtungen an. Selbst ihre Anwendung zu Planetenmaschinen soll vor Archimedes bekannt gewesen seyn; denn schon Atlas, Calippus, Eudoxus, Autolycus, Sosigenes, Billardus, Pythagoras und Apollo sollen solche bewegliche Sphären gehabt haben. Man kann leicht denken, wie sehr diese Maschinen bewundert wurden, die man wahrscheinlich mit der Hand vermöge einer Kurbel in Bewegung setzte. Achtzig Jahre vor Christi Geburt verfertigte auch Posidonius eine solche künstliche Sphäre; im dritten christlichen Jahrhundert der Präfect zu Rom Chromatius, sowie noch später Boetius, Pacificus, der Kalife Arun al Raschid u. a. Sie gaben ohnstreitig zur Erfindung der eigentlichen Uhren (der Räderuhren und zwar der Gewichtuhren) die nächste Veranlassung.

§. 9.

Als Erfinder der Hydrostatik kann Archimedes gleichfalls angesehen werden. Das Werk, welches er über diesen Zweig der Mechanik schrieb, kam blos in einer arabischen Uebersetzung zu uns, und wurde aus dieser Sprache in das Lateinische übertragen (De humido insidentibus). Er fand die Gleichheit des Drucks der Wassertheilchen nach allen Richtungen hin, wodurch die Oberfläche einen horizontalen (wassergleichen) Stand bekam; er fand, wie die Lage des in Wasser eingetauchten Theils eines festen Körpers beschaffen seyn müsse, wenn der hervorragende Theil mit Sicherheit schwimmen sollte; er fand auch, daß jeder in Wasser eingetauchte feste Körper so viel von seinem Gewichte verlöre, als die aus der Stelle getriebene Wassermenge beträgt, und wurde auf diese Art der Erfinder vom specifischen Gewicht der Körper, welches später genauer entwickelt und mit neuen Ansichten bereichert wurde.

Zu letzterer Entdeckung soll unserm großen Mathematiker folgender Vorfall den Anlaß gegeben haben: Der König Hiero hatte einem Goldschmiede eine gewisse Pfundezahl reines Gold gegeben, woraus dieser ihm eine Krone verfertigen sollte. Als die Krone fertig war, argwöhnte der König, das Gold derselben möge wohl mit anderm geringerm Metalle verfälscht worden seyn. Er beauftragte dem so berühmten Archimedes, dies zu untersuchen. Letzterer kam dadurch in große Verlegenheit, indem er sein Genie lange vergebens anstrengte, um dem Verlangen des Königs Genüge zu leisten. In dieser Verlegenheit befand er sich einmal im Bade. Er stellte Betrachtungen über die tragende Kraft des

Wassers, über die Quantität des aus der Stelle getriebenen Wassers u. dgl. an. Auf einmal führten ihn diese Betrachtungen auf das Erforschungsmittel, ob die Krone aus reinem oder aus verfälschtem Golde bestehe. Er soll dann plötzlich aus dem Bade gesprungen, in aller Hast nackend durch die Strassen von Syrakus gelaufen seyn und beständig gefunden! gefunden! gerufen haben. Um nun seine Entdeckung sogleich in Anwendung zu bringen, so bat er sich von dem Könige, wie es heißt, eben so viel reines Gold und eben so viel Silber aus, als die Krone wog. Jedes von diesen Metallen, sowie auch die Krone, wog er dann, jedes für sich, erst in freier Luft und hierauf im Wasser ab, um den Gewichtsverlust im Wasser zu erforschen. Weil er nun wußte, daß reines Gold mehr Gewichtsverlust hatte, als Silber und auch mehr als eine Composition von Gold und Silber, so bestimmte er aus dem Verhaltniß der Gewichtsverluste den Zusatz, welchen der Goldschmied der Krone an Silber gegeben hatte. — Da aber der Zusatz zu dem Golde der Krone auch Kupfer, oder auch unter dem Silber Kupfer seyn konnte, so war es freilich auch möglich, daß die Resultate der Versuche unzuverlässig ausfielen.

§. 10.

Die Hydraulik ist ohnstreitig von den Aegyptiern zu den Griechen übergegangen. Archimedes Wasserschraube; Ctesibius Pumpen, Wasseruhren und Wasserorgeln; und Hero's Springbrunnen werden noch immer als große hydraulische Merkwürdigkeiten angesehen. Von den Römern wurden die Griechen noch in manchen Zweigen der Hydraulik übertroffen. Wie groß und

schön waren nicht z. B. die Wasserleitungen und Springbrunnen der Römer. Frontin hat uns darüber manche Belehrung verschaft.

Mit Archimedes Wasserschraube oder Wasserschnecke konnte man Wasser bequem aus tiefer liegenden Gründen auf höher liegende Stellen emporbewegen. Um eine Spindel, die unter einem gewissen Winkel gegen den Horizont geneigt ist, windet sich nämlich eine Röhre oder ein hohler Gang schraubenförmig von unten bis oben herum, und in diesem hohlen Gange wird das Wasser von unten an bis oben hin in die Höhe geschraubt, wenn die Spindel, etwa mittelst einer oben befindlichen Kurbel in Umdrehung gesetzt wird. Nach Diodors Behauptung erfand Archimedes diese Wasserschraube auf seiner Reise nach Aegypten. Da aber Vitruv, der Zeitgenosse Diodors, jene Wasserhebmaschine nicht mit unter den mannigfaltigen Erfindungen des Archimedes aufführt, und da nach Strabo's Erzählungen die Wasserschraube in Babylon und in Aegypten schon in den frühesten Zeiten zur Entwässerung von Ländereien, Wiesen, Sümpfen und zum Herausheben des Wassers aus Flüssen gebräuchlich war, so ist es wahrscheinlicher, daß Archimedes diese Maschine in Aegypten kennen lernte und daß er sie mit in sein Vaterland zurückbrachte.

Bis auf den heutigen Tag gehört die Wasserschraube unter die bessern von allen denjenigen Wasserhebmaschinen, womit Wasser nur auf eine geringe Höhe emporgehoben werden soll. Ihre Theorie untersuchten im achtzehnten Jahrhundert Pitot, Euler, Hennert, Karsten, Bellogrado, Sarbourg, Fouroude, Scherfer, Datzl, Nican-

der, Gerlach u. a. Durch Windflügel in Bewegung gesetzt, gebrauchte man sie in verschiedenen Gegenden, vorzüglich in Holland, mit vielem Nutzen zur Entwässerung von Ländereien.

§. 11.

Würdige Nachfolger des Archimedes und Mathematiker aus der Alexandrinischen Schule, die ohngefähr hundert Jahre nach Archimedes lebten, waren Ctesibius und dessen Schüler Hero. Beiden verdankt man höchst wahrscheinlich die Erfindung der Wasserpumpen, des gekrümmten Hebers und des durch zusammengedrückte Luft springenden Brunnens, welcher noch immer Heronsbrunnen genannt wird. Ctesibius erfand sogar schon das doppelte Saug- und Druckwerk, oder dasjenige mit zwei Stiefeln, wie wir es noch immer (freilich mit Hinzufügung des Windkessels) als Feuerspritze anwenden. Dazu ist es auch schon zu Herons Zeiten gebraucht worden. Die Ursache des Saugens oder des Emporsteigens des Wassers in dem unter dem Kolben erzeugten luftleeren Raume wußte man sich freilich noch nicht zu erklären (§. 49. 139.).

Die Schöpfräder, die Schaufelräder, die Eimerwerke und Paternosterwerke (Rosenkranzmühlen, Püschelkünste) existirten damals ebenfalls schon. Wo sie erfunden worden sind und wer sie erfunden hat, wissen wir nicht.

§. 12.

Hero beschrieb seine hydraulischen Erfindungen in einem eignen bis auf unsere Zeiten sich erhaltenen Werke (Pneumatica sive Spiritalia). Vitruv beschrieb sie in seiner

Baukunst ebenfalls. Auch über die Theorie der Mechanik hatte Hero ein Buch geschrieben, das aber nur stückweise und verstümmelt auf unsere Zeiten gekommen ist. Was wir davon noch haben, verdanken wir dem Pappus (im achten Buche seiner Sammlungen).

So kommen daselbst sinnreiche Betrachtungen über die schiefe Ebene vor; z. B. die Kraft zu finden, mit welcher eine Last auf der schiefen Ebene, die irgend einen spitzigen Winkel mit dem Horizonte macht, bewegt wird. Ferner trift man darin Betrachtungen über gezahnte Räderwerke in Verbindung mit der Schraube ohne Ende an, um vermöge einer solchen Vorrichtung eine gegebene Last mit einer gegebenen Kraft zu bewegen u. dgl.

§. 13.

Unter die hydraulischen Erfindungen der Alten gehören vorzüglich auch die Wasseruhren oder Clepsyder, welche man, statt der Sonnenuhren, zur Zeitbestimmung (als Zeitmaaß) anwandte. Wasseruhren, sowie auch Sanduhren, waren schon in den ältesten Zeiten bei den asiatischen Völkern in Gebrauch. Die Chaldäer, Aegyptier und Chineser bedienten sich ihrer, so weit man nur hinauf denken kann. Wahrscheinlich nahmen sie mit der ältesten Sternkunde zugleich ihren Ursprung, und die Griechen erhielten sie zunächst von jenen Völkern.

Sehr einfach waren die ersten Wasseruhren, selbst noch diejenigen der alten Griechen, gewiß. Aus einer Urne oder Schaale floß das Wasser nur in kleinen Tropfen, gleichsam verstohlner Weise heraus; und davon erhielt die Vorrichtung auch den Namen Clepsyder, κλέψυδρον,

von κλέπτειν stehlen, und ὕδωρ das Wasser. So zeigte denn die immer niedriger sinkende Oberfläche des Wassers die Zeit des Tages an dem Gefäße an, wo an der Seite desselben die Stunden verzeichnet waren. Durch einen Diener, εγύδωρ, Eingießer des Wassers, wurde das Gefäß wieder gefüllt, wenn es leer geworden war.

§. 14.

Mancherlei sinnreiche Verbesserungen wurden bald nachher mit den Wasseruhren vorgenommen; auch kamen sehr schöne künstliche Arten derselben zum Vorschein. So mußte z. B. das Wasser eine kleine menschliche Figur, welche einen Stab in der einen Hand hielt, gleichmäßig langsam an einer Säule hinauftreiben, woran die Stunden des Tages verzeichnet waren. Die Figur deutete dann mit ihrem Stabe die jedesmalige Stunde an. Aus den Augen der Figur tröpfelte das Wasser in das Behältniß, worin sie schwamm, gleichsam als Thränen über die verlorne Zeit. Man machte sogar schöne Wasseruhren mit Räderwerken, und zwar solche, wodurch zugleich kleine Kugeln in ein metallenes Becken fielen und darin so vielfach einen Schall verursachten, als Stunden des Tages verflossen waren. So war also die Wasseruhr zugleich eine Schlaguhr. Der Kalife Harun al Raschid ließ eine solche künstliche Wasseruhr noch zu Anfange des neunten Jahrhunderts für Karl den Großen zum Geschenk verfertigen.

Vorzüglich berühmt in der Erfindung künstlicher Wasseruhren, sowie auch der Wasserorgeln (worin Luft, durch Wasser zusammengedrückt, Töne hervorbrachte,) war Ctesibius, ohngefähr 245 Jahre vor Christi Geburt; nach ihm

Hero von Alexandrien. Später richtete man die Wasseruhren auch so ein, daß sie durch Beihülfe gezahnter Räder und Getriebe die Bewegung der Himmelskörper im Kleinen nachahmen mußten. Alsdann machten sie künstliche astronomische Uhren aus. Vitruv hat Uhren von dieser Art beschrieben. In Rom zeigte P. Corn. Scipio Nasika im 594sten Jahre nach Erbauung der Stadt (ohngefähr 157 Jahre vor Christi Geburt) die erste Wasseruhr. Nach und nach wurden sie hier und an andern Orten allgemeiner. Julius Cäsar fand sie in England und in manchen andern Ländern, wohin er durch die Gewalt der Waffen kam. Alle diese Wasseruhren wichen immer, bald mehr, bald weniger in ihrer Einrichtung von einander ab, sowie es auch mit den Wasseruhren des Aristoteles, Athenäus und verschiedenen andern der Fall gewesen war.

§. 15.

In den christlichen Jahrhunderten machten besonders die Mönche in den Klöstern von Wasseruhren Gebrauch. Boetius war zu Anfang des sechsten Jahrhunderts in Verfertigung der Wasseruhren (sowie mancher anderer mechanischer Werke) berühmt. Selbst die Astronomen der damaligen und der ältern Zeit, wie Ptolemäus, wandten die Wasseruhren bisweilen zu ihren Beobachtungen an. Das thaten auch die Astronomen der folgenden Jahrhunderte bis zu der Zeit, wo die Gewicht-Räderuhren erfunden wurden.

Im neunten Jahrhundert machte Pacificus zu Verona, und Leo in Constantinopel vortreffliche Wasseruhren. Aber selbst nach Erfindung der eigentlichen Räderuhren behalfen sich Viele noch lange Zeit mit Wasseruhren, die zum

Theil richtiger gingen, als die ersten noch unvollkommenen Gewichtuhren. Sogar in neuerer Zeit sah man hin und wieder noch Wasseruhren, und oft sehr sinnreiche, der Curiosität wegen verfertigen und gebrauchen, wie z. B. die ums Jahr 1663 in Italien erfundene und von Carl Bailly in Frankreich ums Jahr 1690 verbesserte, wo Wasser, in Fächer einer Trommel eingeschlossen, durch eigenmächtige Verrückung des Schwerpunkts, die Trommel um ihre Axe dreht und sie zugleich an Schnüren neben den Stundenabtheilungen einer Säule herabsenkt.

Caspar Schott, Athanasius Kircher, Philipp Harsdörfer, Franciscus Tertius de Lanis, Martinelli, Ozanam, Perrault u. a. beschrieben schon im sechszehnten und siebzehnten Jahrhundert manche recht künstliche Arten von Wasseruhren. — In China und in Indien kommen sie in gegenwärtiger Zeit noch häufig vor.

§. 16.

Man muß sich billig wundern, daß Wasseruhren und Planetenmaschinen mit Räderwerk, selbst Schrittzähler und Wegmesser (Abthl. I. §. 115.) so lange existirten, ehe die wirklichen Gewicht-Räderuhren (Thurmuhren und Wanduhren) zum Vorschein kamen. Der Gedanke, ein trocknes Gewicht, z. B. ein Stück schweres Metall, einen Stein und dergleichen zur Bewegung in einander greifender Räder anzuwenden, war leicht auszuführen. Am schwersten mußte es dem Erfinder der Uhren seyn, die Räder durch das Gewicht so langsam umtreiben zu lassen, daß die Axe von einem Rade den Zeiger tragen konnte, welcher die Stunden des

Tages angab, und daß eine gewisse Zeit, z. B. eine Zeit von 12 oder von 24 Stunden verfloß, ehe man das Gewicht von neuem aufzuziehen brauchte. Dies bezweckte er mittelst der Hemmung (Stoßwerk, Echappement) oder derjenigen Vorrichtung, welche aus dem Steigrade bestand, in dessen schräge sägenförmige Zähne ein bewegliches, fortzustoßendes und stets wiederkehrendes Hinderniß (eine Spindel mit Lappen oder Flügeln) eingriff.

Leider! kennen wir weder den Erfinder solcher Uhren, noch auch die Zeit der Erfindung. Nur so viel läßt sich mit Gewißheit behaupten, daß vor dem eilften Jahrhundert keine wirkliche zur Zeitbestimmung dienende Gewicht-Räderuhr existirte. Alle Uhrwerke, welche früher da waren, konnten nichts anders seyn, als Wasseruhren oder als Planetenmaschinen.

§. 17.

Die ältesten Uhren, wie z. B. diejenigen des Abtes Wilhelm zu Hirschau, waren nicht blos Gehuhren, sondern auch Schlaguhren mit einer Glocke, woran ein Hammer dieselbe Anzahl von Stunden schlug, welche der Zeiger auf dem Zifferblatte angab. Ueberhaupt waren die ersten Uhren in den Klöstern anzutreffen; aber im eilften, ja sogar im zwölften Jahrhundert noch äußerst selten. Daß sie noch sehr unvollkommen waren, läßt sich aus dem damaligen Zustande der mechanischen Künste leicht begreifen. Eben deßwegen durften auch Küster oder Meßner der Klöster sich nicht allein auf die Uhr verlassen, wenn die Mönche geweckt werden sollten, sondern sie mußten auch nach den Gestirnen des Himmels sehen, um aus deren Stande die Zeit zu beurtheilen.

Nicht genug, daß man nicht anzugeben weiß, in welchem Lande Europas die Uhren erfunden worden sind, so ist es sogar zweifelhaft, ob überhaupt ein Europäer sie erfunden habe; ja, es sind sogar einige Gründe vorhanden, daß wohl auch ein Sarazene der Erfinder seyn könnte. Wir wissen wenigstens, daß die Uhren zu der Zeit, wo sie in Europa noch sehr selten waren, sich schon in Aegypten befanden, und daß diejenige vollständigste Uhr, wovon man Zeugnisse beibringen kann, diejenige gewesen ist, welche der Sultan in Aegypten im Jahr 1232 an Kaiser Friedrich II. zum Geschenk übersandte. Nach der Erzählung des Trithemius (in der Hirschauschen Chronik von jener Zeit) hatte diese außerordentlich künstliche durch ein trocknes Gewicht bewegte Uhr, welche nicht nur die Stunden des Tages und der Nacht angab, sondern auch den Lauf der Himmelskörper zeigte, einen Werth von fünftausend Dukaten; eine ungeheure Summe für die damalige Zeit!

§. 18.

Im dreizehnten Jahrhundert redeten die Schriftsteller schon häufiger von Uhren. Manche Kirchthürme erhielten damals diese Zeitmesser, als öffentliche Uhren, welche dem Publikum die Zeit des Tages nicht blos durch Zeiger auf dem Zifferblatte, sondern auch durch Schläge an eine Glocke kund thaten. Der berühmte italienische Dichter jenes Jahrhunderts Dante Alighieri, ferner Wilhelm Alvernus und Faminius Straba sprechen unter andern von wirklichen Schlaguhren, wie sie in Italien vorhanden waren, wie aber auch schon England, Frankreich, Deutschland und andere Länder sie hatten.

Im vierzehnten Jahrhundert wurden sie erst mehr als öffentliche Uhren in Städten gebraucht. Dieses Jahrhundert hatte an dem Paduaner Jakob de Dondis einen so berühmten Uhrmacher, daß derselbe mit seinen Nachkommen den Beinamen Horologus bekam. Er war aber kein handwerksmäßiger Uhrmacher, sondern ein wissenschaftlich gebildeter Mechaniker, auch Astronom, Philosoph und Naturforscher überhaupt. Eine für die damalige Zeit vortreffliche Uhr von seiner Hand erhielt Padua im Jahr 1344. Ueberhaupt gedenken der Uhren des vierzehnten Jahrhunderts mehrere Schriftsteller aus jener Zeit, z. B. der Engländer Rymer, der Franzose Froissard, der Italiener Sacco und mehrere andere.

§. 19.

Daß Deutschland im vierzehnten Jahrhundert sehr geschickte Uhrmacher hatte, möchte wohl der Vorfall mit dem deutschen Künstler Heinrich von Wick beweisen, den der König von Frankreich Karl V. im Jahr 1364 nach Paris kommen ließ, um für das königliche Schloß eine Uhr zu verfertigen. Diese Uhr wurde im Jahr 1370 auf das Schloß gesetzt, und während der ganzen Zeit wurde dem deutschen Künstler viele Ehre erwiesen. In demselben Jahrhundert hatten mehrere deutsche Städte, wie Breslau, Augsburg, Straßburg ꝛc. öffentliche Uhren bekommen; und die berühmten deutschen Astronomen des funfzehnten und sechszehnten Jahrhunderts, wie Regiomontan, Walther, Tycho de Brahe, Schoner, Purbach u. a. gebrauchten sie auch als Zeitmesser bei ihren Beobachtungen.

Ein Deutscher, Peter Hele in Nürnberg, wurde ja

auch im Jahr 1500 der Erfinder der Taschenuhren (Sackuhren) und der tragbaren Uhren überhaupt. Man nannte erstere wegen ihrer ovalen Form lebendige Nürnberger Eyer. Das schwierigste bei der Erfindung dieser Uhren war eine bewegende Kraft, die sich in einem engen Raume so einschließen ließ, daß sie die Uhr 24 Stunden lang und länger im Gange erhielt, ehe man nöthig hatte, sie wieder an den Anfangspunkt des Ziehens zu bringen, und daß dies geschehen konnte, man mochte die Uhr in eine Lage bringen, in welche man wollte. Der Erfinder hob diese Schwierigkeiten glücklich, indem er eine dünne und schmale spiralförmig zusammengewundene Stahlfeder in ein cylindrisches Gehäuse (die Trommel) einschloß, worin sie durch das sogenannte Aufziehen noch enger zusammengewickelt wurde, so daß sie, durch das allmählige Wiederausbreiten in ihrem Gehäuse, vermöge ihrer Elasticität auf das mit jenem Gehäuse verbundene Räderwerk der Uhr wirkte und es gehörig in Thätigkeit setzte.

§. 20.

Die ersten Uhren waren blos Stundenuhren, d. h. solche Uhren, welche keine kleinere Theile des Tages angaben, als Stunden. Die ersten Gewichtuhren (Thurmuhren und Wanduhren) hatten einen mit der Spindel verbundenen Balancier, welcher stets hin und her geworfen wurde, sowie das Steigrad die Spindel hin und her trieb. Auch die ersten Taschenuhren hatten einen ähnlichen kleinen mit einem löffelförmigen Ende versehenen Hebel, der auf dieselbe Art hin und her ging. Dieser Hebel wurde bei den Taschenuhren

etwas später mit einem kleinen Schwungrade (der Unruhe) vertauscht.

Der Bau dieser Uhren war freilich, so schön die Erfindung derselben an sich auch seyn mochte, noch unvollkommen; denn sowohl die Ungleichheiten der bewegenden Kraft, besonders bei den Federuhren, als auch die Ungleichheiten im Räderwerke, die Veränderungen der Wärme und Kälte in den verschiedenen Jahreszeiten u. dgl. wirkten ungleichförmig bis zu dem Zeiger hin. Doch war die daraus entspringende Veränderung im Gange für das gemeine Leben um so weniger bemerkbar, da die Uhren keine kleinere Theile als Stunden zeigten. Nur zum astronomischen Gebrauch waren kleinere Zeittheile, Minuten und Sekunden, unumgänglich nothwendig. In der That hatte der berühmte Astronom Walther im Jahr 1484 schon Gewichtuhren, die nicht blos Minuten und Sekunden, sondern sogar Viertelsekunden zeigten. Solcher Uhren bediente sich unter andern auch Tycho de Brahe und Purbach. Da mußten freilich die erwähnten Ungleichheiten auffallender seyn; das waren sie nicht selten in dem Grade, daß die Astronomen bei ihren Beobachtungen lieber Sandhuhren, oder Quecksilberuhren (eine Art Clepsyder) oder sonstige Hülfsmittel für die feinere Zeitmessung anwandten.

§. 21.

Die ersten Uhren waren freilich so kostbar, daß in der Regel nur Fürsten und Mönche Nutzen von ihnen ziehen konnten. Indessen kamen sie doch nach der Mitte des funfzehnten Jahrhunderts schon in die Häuser mancher reicher Privatleute. Man fand ihren Bau und Mechanismus so künstlich, daß es selbst Mathematikern oft schwer war, ihn gehörig zu

begreifen, und daß Schriftsteller, wie z. B. Cardan, nur verworrene Beschreibungen davon gaben. Wie sehr hat sich dies bis auf die neueste Zeit geändert, wo die Uhren bei einem vollkommern Bau sogar mehr Theile erhielten und manche derselben recht künstlich eingerichtet wurden!

Die meisten Uhren der ältern Zeit wiesen und schlugen die Stunden nach italienischer Art, nämlich von 1 bis 24. Des Abends nach Sonnen-Untergange fingen sie an von 1 zu zählen und den andern Tag mit dem Untergange der Sonne zeigten und schlugen sie 24. Daß diese Art der Stunden-Zählung abgeschafft wurde, scheint eine Folge der Reformation gewesen zu seyn. So wurde z. B. in Breslau schon im Jahr 1580 durch ein Raths-Decret jene Zählungsart abgeschafft, und dafür die sogenannte halbe Uhr eingeführt, welche von 1 bis 12 und dann wieder von 1 bis 12 zeigte und schlug. In andern Städten geschah um dieselbe Zeit oder etwas später dasselbe.

§. 22.

Mit den Taschenuhren wurde, spätestens entweder zu Ende des sechszehnten oder zu Anfange des siebzehnten Jahrhunderts, durch Anbringung der Schnecke eine bedeutende Verbesserung vorgenommen. Der Zug der Feder wirkte nämlich ungleichförmig auf das Räderwerk, folglich auch auf den Gang der Uhr. Gleich nach dem Aufziehen, wo alle ihre Gänge noch vollständig um einander herumgewunden sind, zieht sie stärker, und wenn sie bald abgelaufen ist und die enger umeinander gewundenen Gänge sich beinahe wieder ausgebreitet haben, zieht sie schwächer; in jenem Falle mußte daher die Uhr zu geschwind, in diesem zu langsam gehen.

Die Schnecke aber, welche eine Zwischen-Vorrichtung zwischen dem Federhause und dem ersten Rade der Uhr ist, corrigirte diese Ungleichheit. Sie wurde anfangs vermöge einer feinen Darmsaite, später vermöge einer feinen Gelenk-Kette so mit dem Federhause verbunden, daß, wenn die Kraft der Feder das Federhaus langsam herumdrehte, auch die Schnecke und das an ihr sitzende Rad sich mit herumbewegeu mußte. Die Gänge der Schnecke, um welche Saite oder Kette durch das Aufziehen herumgeschlagen wurde, wirkten als Hebelsarme der Kraft (der Federkraft) von verschiedener Länge auf die Umdrehungsaxe der Schnecke; der oberste Gang war der kleinste, der unterste der längste Hebelsarm. Wenn also die Feder gleich nach dem Aufziehen recht stark zog, so wirkte sie auf den kleinsten Hebelsarm; so wie ihre Kraft allmählig abnahm, wirkte sie auf einen größern und immer größern Hebelsarm. Was ihr da allmählig an Kraft abging, das wurde ihr durch den längern und längern Hebelsarm ersetzt, so, daß eben dadurch die Gleichförmigkeit der Umdrehung des Räderwerks erhalten wurde.

Gewöhnlich giebt man den Engländer Hook, welcher anfangs Professor der Geometrie zu Oxford und später Professor der Astronomie zu Gresham war, für den Erfinder der Schnecke aus, und setzt die Erfindung in die letzte Hälfte des siebzehnten Jahrhunderts. Dies ist aber unrichtig. Denn Robert Fludd spricht schon in einem 1618 herausgegebenen Werke (Utriusque Cosmi Historia) von der Schnecke als einer vorhandenen Einrichtung bei Taschenuhren. Aus England scheint die Schnecke zuerst nach Deutschland gekommen zu seyn. Die französischen Mathematiker

Varignon und de la Hire untersuchten die Figur der Schnecke geometrisch.

§. 23.

Der berühmte holländische Mathematiker Christian Huyghens gab in der Mitte des siebzehnten Jahrhunderts den großen Uhren das Pendel (Perpendikel) zum Regulator, und brachte dadurch diese Uhren zu einem bedeutenden Grade von Gleichförmigkeit. Das war fast eine noch wichtigere Verbesserung als die Schnecke der Taschenuhren, besonders zum Besten der Astronomie. Dieses Pendel des Huyghens bestand aus einem linsenförmigen Gewichte, welches an einer dünnen eisernen Stange befestigt war. Die Stange selbst wurde so mit der Spindel verbunden, daß das Pendel Schwingungen hin und her machte, wenn das Steigrad die Spindel hin und her warf. Uebrigens hatte schon vorher der große Galilei zu Florenz Versuche über die Bewegung des Pendels (aber noch nicht eines mit dem Uhrwerke verbundenen) angestellt, und ein frei aufgehängtes Pendel zu einem Zeitmaße vorgeschlagen. Sogar noch viel früher sollen schon die Araber ein solches Pendel gekannt haben. Mouton, Hevel, Riccioli, Grimaldi, Mersenne, Gassendi, Kircher u. a. machten ähnliche Versuche mit dem Pendel wie Galilei. Die erste Pendeluhr aber zeigte Huyghens im Jahr 1657 den Staaten von Holland. Er war damals 27 Jahre alt.

Huyghens bestimmte auch schon die Länge des Sekundenpendels oder desjenigen Pendels, welches in einer Sekunde eine Schwingung (Oscillation, Vibration) d. h. einen Gang hin und her machte. Gassendi hatte

früher auf den Nachtheil des Widerstandes der Luft bei Pendeln, in Hinsicht der Schwächung der das Hin- und Hergehen bewirkenden Kraft, aufmerksam gemacht.

§. 24.

In der Vervollkommnung der großen Uhren war also nun durch Anbringung des Pendels ein bedeutender Schritt geschehen. Einer ähnlichen Vervollkommnung bedurften auch die Taschenuhren. Hüyghens half hier gleichfalls, indem er mit der Unruhe dieser Uhren die Spiralfeder verband. Diese haardünne stählerne Feder gab vermöge ihrer Elasticität der Unruhe die Eigenschaft, stets auf einerlei Art hin und her zu schwingen, wenn auch Ungleichheiten des Räderwerks auf sie wirkten. Die erste Taschenuhr mit einer solchen Spiralfeder ließ Huyghens im Jahr 1674 von einem berühmten Pariser Uhrmacher Türet verfertigen. Unter andern gab Leibnitz dem Sülly hiervon in einem Briefe Nachricht.

Schon mehrere Jahre vorher hatte der mit der Mechanik vertraute französische Abt Hauteville den Schwingungen der Unruhe der Taschenuhr dadurch mehr Gleichförmigkeit zu geben gesucht, daß er mit ihr und dem Uhrgestelle (der Uhrplatte) eine Schweinsborste, später eine gerade schwache Stahlfeder verband.

§. 25.

Huyghens, dessen Scharfsinn nicht leicht etwas entging, hatte bald nach Erfindung der Pendeluhren wahrgenommen, daß die großen Bögen, die sein Pendel hin und her beschrieb, nicht immer von gleicher Länge und Dauer waren, und daß dies auch auf den Gang der Uhr wirkte. Bei Uh-

ren zum Gebrauch des gemeinen Lebens hatte man nicht nöthig, dies zu beachten; aber bei Uhren zum astronomischen Gebrauch, wovon man die möglich größte Genauigkeit voraussetzte, war eine solche Ungleichheit von wesentlichen Folgen. Huyghens dachte über ein Mittel nach, die Oscillationen des Pendels gleichförmiger (isochronischer) zu machen; und er entdeckte ein solches wirklich. Er brachte nämlich an den Aufhängungspunkt des Pendels, welcher in einem feinem seidenen Faden sich befand, zwei cycloidisch (Abth. I. §. 85 f.) gekrümmte Bleche an, mittelst deren Eigenschaften die Zeit, in der die Oscillationen geschahen, sich immer gleich blieb, wenn auch die Bögen, die das Pendel beschrieb, ungleich waren. An die cycloidischen Bleche schlug nämlich bei den Schwingungen der Faden an, an welchem das Pendel aufgehängt war.

De la Hire untersuchte bald nachher den Gang einer solchen Pendeluhr. Er fand, daß sie innerhalb 8 Tagen nicht um eine einzige Sekunde von der mittlern Bewegung der Sonne abgewichen war. Da aber die genaue Krümmung der Bleche nach der Cycloide mit vielen Schwierigkeiten verbunden und der seidene Aufhängungsfaden mancherley physischen Veränderungen unterworfen war; da man ferner gefunden hatte, daß kleine Cirkelbögen für kleine Theile einer Cycloide angenommen werden können, so wurden die cycloidischen Bleche nicht allgemein und man richtete die Uhren lieber so ein, daß die Pendel nur kleine Bögen hin und her beschrieben, die man als völlig isochronisch ansehen konnte. Die Engländer Derham und Hook machten am Ende des siebzehnten Jahrhunderts zuerst von solchen kleinen Bögen Gebrauch.

§. 26.

Ein sonderbares Pendel, welches kreisförmige Bewegungen machte und Pirouette genannt wurde, hatte Huyghens gleichfalls erfunden. Aber diese Erfindung fand wenige Beachtung. Viel wichtiger und bis auf den heutigen Tag sehr nutzbar fand man für die großen Uhren den englischen Haken, eine Art Anker, welcher mit dem in vertikaler Fläche umlaufenden Steigrade die Ankerhemmung bildete.

Huyghens, von Mairan, Richer und andere Gelehrte hatten die Länge des Sekundenpendels bestimmt, ersterer zu 3 Fuß $8\frac{1}{2}$ Linien, v. Mairan zu 3 Fuß $8\frac{17}{30}$ Linien, Richer zu 3 Fuß $8\frac{3}{5}$ Linien. Diese Länge hatten sie zu Paris berechnet. Im Jahr 1671 vermuthete Picard zuerst, daß das Pendel, welches in Paris Sekundenpendel war, wegen der sphäroidischen (bei den Polen abgeplatteten) Gestalt der Erde und der davon herrührenden verschiedenen Schwerkraft auf den verschiedenen ungleich weit vom Mittelpunkte entfernten Stellen der Erd-Oberfläche, nicht an allen Stellen der Erde Sekundenpendel bleiben würde, daß es näher nach den Polen zu mehr als 3600 Sekunden in einer Stunde schwingen müßte, näher nach dem Aequator zu weniger. Dies wurde in der Folge durch Reisende, namentlich durch die Gradmesser, welche in der Nähe des Nordpols und des Aequators Grade des Meridians maßen, bestätigt. Ihre Pendeluhren gingen in einer größern Nähe der Pole schneller, in einer größern Nähe des Aequators langsamer; in jenem Falle mußte das Pendel verlängert, in diesem verkürzt werden, wenn die Uhren wieder richtig gehen sollten.

§. 27.

Huyghens lehrte genau den Mittelpunkt des Pendel-Schwunges durch Rechnung finden und berichtigte überhaupt sehr die Theorie des Pendels. De la Hire suchte die Aufhängungsart des Pendels zu verbessern. Sully, Hook, de Hauteville, du Tertre, Graham und Tompion vervollkommneten zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts die Hemmung, namentlich der Taschenuhren und brachten auch neue Arten derselben zum Vorschein. Tompion z. B. nahm statt der Spindel in der Taschenuhr einen kleinen hohlen Cylinder mit einem Einschnitte, in welchen die Spitzen eines eigen gestalteten horizontal liegenden Hemmungsrades griffen, um den Cylinder mit der daran befestigten Unruhe hin und her zu werfen. Er gab so Anlaß zur Erfindung der sogenannten, nachher sehr beliebt gewordenen Cylinderuhren. Aehnliche Hemmungsarten hatten freilich schon vorher Graham, Facio und Flameville ans Licht gebracht.

Von den neuern Künstlern vervollkommneten oder veränderten unter andern die Franzosen le Roy, Berthoud, Breguet, Thiout, le Paute, Gourdam und Lepine, die Engländer Mudge, Arnold, Kendal, Prior und Grant die Hemmungen der großen und kleinen Uhren.

§. 28.

Die Ankerhemmung oder Hemmung mit dem englischen Haken, und die Steigradshemmung machten die sogenannte zurückfallende Hemmung aus. Der Zahn des Steigrades mußte hier jedesmal wieder ein wenig zurückgehen, ehe er dem englischen Haken oder der Spindel eine neue Bewe-

gung mittheilen konnte. Graham construirte zuerst den Anker der großen Uhren so, daß die Hemmung ruhend wurde, der Zahn des Steigrades also nie eine rückwärts gehende Bewegung machte; und Grahams Cylinder-Taschenuhren, sowie Tompions Cylinderuhren zeigten zuerst eine ruhende Hemmung bei kleinen Uhren. Verschiedene Arten von ruhenden Hemmungen wurden später, z. B. von Platier, le Paute, de la Grange, Berthoud und Thiout erfunden.

Weil selbst die ruhende Hemmung noch ziemlich vieler Reibung und verschiedenen Veränderungen ausgesetzt blieb, so kam der berühmte englische Künstler Mudge zum besten der akkuratesten Zeitmesser, welche es giebt, nämlich der Zeithalter, Chronometer oder Uhren zur Bestimmung der geographischen Länge, zuerst auf die Idee, das Bestreben des Hemmungsrades, sich herumzubewegen, nicht von dem Regulator selbst aufhalten zu lassen, sondern von einem besondern Einfalle, welchen der Regulator auslöst. Dadurch mußte die Reibung ausnehmend verringert und der Gang der Uhr möglichst leicht gemacht werden. So legte er den Grund zu der freien Hemmung, welche le Roy, Harrison, Ferdinand Berthoud, Louis Berthoud, Platier, Robin, Grant, Kendal, Howel, Breguet, de la Grange, Callet und andere noch sehr vervollkommneten.

§. 29.

Zu den wesentlichsten Verbesserungen, die man nicht blos mit dem gezahnten Räderwerke der Uhren, sondern auch anderer Maschinen vornahm, gehörte die Abrundung

der Zähne noch einer schicklichen Krümmung. Was darüber Leupold, Sturm und Leutmann mittheilten, beruhte auf einer noch gar zu unvollkommenen Praxis, obgleich de la Hire schon am Ende des siebzehnten Jahrhunderts die Epicycloide (Abthl. I. §. 93.) als die geschickteste für diese Krümmung gefunden und zu den Rädern der Maschinen vorgeschlagen hatte. Camus, Euler und Kästner legten es mit noch mehr Klarheit dar, daß die Zähne der Räder einer solchen Krümmung bedurften, wenn der Gang der Maschine so leicht wie möglich seyn sollte. Man fand, daß die Cycloide am besten für die Kammräder, die Epicycloide für die Stirnräder sich eignete. Berthoud gab nicht blos sehr nützliche Regeln zu einer solchen Abründung der Zähne an, sondern er erfand auch für Uhrmacher Maschinen, womit diese Abründung möglichst bequem geschehen konnte. Uhlhorn und Meißner, angereizt durch eine Preisaufgabe der Hamburgischen Gesellschaft zur Beförderung nützlicher Künste, ertheilten auch für ganz ungelehrte Praktiker im Jahr 1804 sehr nützliche, leicht faßliche Vorschriften zur Bildung der Rad-Zähne nach jenen krummen Linien, vorzüglich für Mühlwerke und andere größere Mamaschinen. Der neueste Mechaniker, welcher die richtige Verzeichnung der Zähne lehrte, war Arzberger in Wien.

§. 30.

Zwar hatte schon Wendelinus wahrgenommen, daß Hitze und Kälte die Dimensionen aller Dinge veränderten, daß Hitze sie größer, Kälte sie kleiner mache; aber erst Picard machte im Jahr 1669 die Bemerkung, daß durch Verlängerung des Pendels in der Wärme des Sommers alle Pendel-

uhren langsamer, durch Verkürzung des Pendels in der Kälte des Winters schneller gingen, und zwar um so langsamer oder schneller, je höher der Grad der Wärme oder der Kälte war. Andere Mathematiker und Naturforscher bestätigten bald die Wahrheit dieser Bemerkung. Für astronomische und geographische Uhren, die einen möglichst genauen Gang haben sollen, war es von großer Wichtigkeit, jenen Einfluß der Luft-Temperatur auf den Gang der Uhren zu vernichten.

Der Engländer Graham war der erste, welcher das Pendel so einzurichten suchte, daß jener Einfluß der Temperatur auf den Gang der Uhr nicht statt finden konnte. Zuerst machte er Pendelstangen aus einem trocknen Holze (z. B. Fichten-, Tannen- oder Nußbaumholze), welche dem Einflusse der Temperatur nicht unterwarfen waren. Auch Fontana, Ludlam, Schröter, Crosthwite u. a. hatten solche Pendel selbst mit astronomischen Uhren verbunden. Da aber Holz nicht so dauerhaft ist als Metall und namentlich auch durch Feuchtigkeit Veränderungen erleidet, so kam schon Graham darauf, mehrere Stangen von verschiedenen Metallen so mit einander zu verbinden, daß, wenn eine gewisse Anzahl dieser Stangen herunterwärts auf das Niedersenken oder Emporheben der Pendellinse wirkte, eine andere Anzahl dieselbe Wirkung hinaufwärts erzeugte, wodurch der Mittelpunkt des Schwunges auf einerlei Stelle zu bleiben gezwungen war. Ein solches Pendel wurde Rostpendel genannt. Harrison, Cassini, Ellicot und Short haben übrigens schon vor Graham die Ideen zu solchen Compensationspendeln angegeben, die in der Folge,

z. B. von Berthoud, Grenier, Shelbon, Cumming u. a. verschiedentlich verändert wurden. Besondere Arten von Compensationspendeln brachten unter andern der Schwede Faggot, der Franzose Rivaz und der Deutsche Schulze zum Vorschein. In der neuesten Zeit sind die Compensationspendel von Ignaz Berlinger, Zecchini-Leonelli u. a. bekannt geworden.

§. 31.

Die genauesten, trefflichsten und kostbarsten Uhren waren freilich die geographischen Uhren, Längenuhren, Chronometer oder Zeithalter, wovon die auf der See gebrauchten Seeuhren genannt werden. Diese Uhren sollten dienen, die geographische Länge zur See zu finden. Man mußte nämlich von ihnen verlangen, daß ihr Gang durchaus richtig und unveränderlich sey, so weit es nämlich physisch möglich war, daß daher keine Friktion, keine Veränderung der Temperatur, kein Schütteln und Schwanken (z. B. das Schwanken des Schiffs) u. dgl. Unrichtigkeiten im Gange erzeugen konnten. Denn wenn eine ganz akkurate Uhr, nach dem Mittage irgend eines Ortes gestellt, auf der Reise an einem andern Orte, wo es gerade Mittag (12 Uhr) war, erst nach einer, zwei, drei ꝛc. Stunden Mittag zeigte, so konnte man daraus schließen, daß letzterer Ort 15 Grad, 2mal 15 oder 30 Grad, 3mal 15 oder 45 Grad ꝛc. östlicher liege, als der erstere Ort, wo man die Uhr gestellt hatte; und wenn im Gegentheil an dem andern Orte die Uhr eine Stunde, zwei Stunden, drei Studen früher 12 Uhr Mittag zeigte, als die Uhren des letztern Orts, so konnte man wieder daraus schließen, dieser

Ort liege 15 Grad, 30 Grad, 45 Grad ꝛc. westlicher, weil 1 Stunde Zeit 15 Grade im Bogen des Aequators ausmachen, indem ja bei der Axen-Umwälzung der Erde alle 360 Grade in 24 Stunden einmal herumkommen. So konnte man also mittelst einer solchen Uhr leicht finden, um wie viel Grade und Theile von Graden irgend ein Ort auf der Reise östlicher oder westlicher liege, als ein anderer, z. B. als derjenige, von welchem man abgereist war.

§. 32.

Schon im Jahr 1530 hatte Gemma Frisius den Vorschlag gethan, die Uhren zur Bestimmung der geographischen Länge auf dem Meere zu gebrauchen. Dasselbe thaten nachher Metius, Fournier, Riccioli, Varenius, Krabbius und Leibnitz. Indessen waren verschiedene feinere Theile der Mechanik noch so weit zurück, daß selbst die besten Köpfe, wie Leibnitz und Huyghens, vergebliche Versuche machten, die so wünschenswerthe Auflösung des so wichtigen Problems zu finden. Denn wichtig war das Problem vorzüglich für die Schiffahrt deswegen, weil die Seefahrer sich vor gefährlichen Stellen hüten konnten, wenn sie den jedesmaligen Ort ihres Schiffs (mittelst genauer Bestimmung der geographischen Länge und Breite) anzugeben wußten. Und weil aus diesem Grunde mehrere große Staaten bedeutende Prämien auf die Erfindung eines genauen Mittels zur Bestimmung der geographischen Länge auf der See — England im Jahr 1714 allein 20,000 Pfund Sterlinge — ausgesetzt hatten, so fuhren die besten mechanischen Köpfe mit desto größerem Eifer fort, sich zur Auflösung jenes

Problems und zur Gewinnung der großen Geldsummen auf das Ernstlichste anzustrengen.

§. 33.

Der Engländer John Harrison, eigentlich nur ein Zimmermann, aber ein großes mechanisches Genie, gewann, nach mehreren ununterbrochenen, seit dem Jahr 1725 gemachten Versuchen, im Jahr 1764 den großen Preis und die Ehre, so viele physische Hindernisse, die sich der Erfindung der See- oder Längenuhren entgegensetzten, glücklich überwunden zu haben. Dadurch, daß er so viele sinnreiche mechanische Einrichtungen erfinden mußte, um bei den Uhren alle sonst von dem Schwanken des Schiffs, von dem Aufziehen der Uhr, von dem unvollkommenen Eingriffe des Räderwerks, von der veränderlichen Reibung, von der verschiedenen Temperatur der Luft, von der Vertrocknung des Oehles ꝛc. herrührende Störungen zu vermeiden, brachte er die Uhren überhaupt, vornehmlich auch die zu Himmelsbeobachtungen bestimmten astronomischen Uhren, einen sehr großen Schritt weiter. Schon allein seine treffliche Hemmungsart und seine Compensations-Vorrichtung, um dadurch der Wirkung der Kälte auf die Spiralfeder vorzubauen, hatten vielen Einfluß auf die Vervollkommnung anderer genauer Zeitmesser.

Nach Harrison zeichneten sich die englischen Künstler Arnold, Kendal, Emery, Howel, Mudge und erst neuerlich Earnschaw durch die Verfertigung herrlicher Chronometer aus. Darunter waren auch Taschenchronometer oder solche zur Längen-Bestimmung auf dem Lande. Mudge besonders lieferte nach und nach eine bedeutende

Anzahl vortrefflicher Zeithalter. Die Franzosen Rivaz, Ferdinand und Louis Berthoud und Breguet dürfen hier ebenfalls mit großem Ruhm genannt werden, sowie unter den Deutschen Geist und Buzzengeiger.

§. 34.

Tertienuhren oder Uhren, welche auch Tertien (Sechzigtheile von Sekunden) bestimmen, gab es schon um die Mitte des sechszehnten Jahrhunderts. Denn der berühmte Arzt und Mathematiker Paul Fabricius zu Wien führt sie schon in einer Dissertation (de Encomio Sanitatis) vom Jahr 1557 an. Georg Christoph Eimmart aus Regensburg machte um die Mitte des siebzehnten Jahrhunderts astronomische Uhren, welche auch Tertien angaben. In der neuern Zeit sind diese Uhren, die man insbesondere bei manchen Messungen, z. B. Geschwindigkeiten des Schalls, Geschwindigkeiten des fließenden Wassers rc. anwendet, verschiedentlich verbessert worden. Sogenannte zu astronomischen Beobachtungen dienende Sekundenzähler die in einer Sekunde gewöhnlich vier Schläge thun, waren wenigstens schon zu Anfange des vorigen Jahrhunderts bekannt.

Rechnen wir nun noch zu den vorzüglichsten bei den Uhren vorgekommenen Erfindungen die schon im sechszehnten Jahrhundert vorhandenen Datumsuhren und Weckuhren; die im Jahr 1676 von dem Engländer Barlow erfundenen, bald darauf von dessen Landsmann Quare bedeutend verbesserten und in der Folge von Graham, sowie von den Franzosen le Roy, le Paute, Berthoud, Lepine u. a. noch bedeutend vervollkommneten Repetir= oder Wieder=

holungsuhren; die schon zu Ende des siebzehnten Jahrhunderts bekannten Aequationsuhren, welche die wahre und mittlere Zeit weisen; die auch in der neuern Zeit noch häufig verfertigten künstlichen astronomischen Uhrwerke, welche den Lauf und andere Erscheinungen der Himmelskörper angeben; die Automaten oder durch Uhrwerke in Bewegung gesetzten Menschen- und Thierfiguren, welche, wie z. B. der schon 1738 fertige berühmte Flötenspieler und die berühmte Ente des Franzosen Vaucanson, allerley Verrichtungen lebendiger Wesen sehr täuschend nachahmen; die schon im funfzehnten Jahrhundert auf Kirchthürmen vorhandenen Glockenspiele und andere Spieluhren, wie Harfenuhren, Flötenuhren u. dgl.; so muß man gestehen, daß dieser Zweig der Mechanik sehr sorgfältig bearbeitet und auf eine sehr hohe Stufe von Vollkommenheit emporgehoben worden ist.

§. 35.

Schon seit Jahrhunderten gaben sich manche Mechaniker, gewöhnlich aber solche, die nur geringe Kenntnisse in der Mechanik besaßen, unsäglich viele Mühe, ein Perpetuum mobile zu erfinden. Versteht man unter diesem Namen eine Maschine, welche sich ununterbrochen, ohne neuen Antrieb von Außen, bis in Ewigkeit fortbewegt, folglich auch nicht der Schwächung und Vergänglichkeit unterworfen ist, der sonst alle irdische Dinge ausgesetzt sind, so liegt die Unmöglichkeit einer solchen Erfindung vor Augen. Wenn man aber — und dies sollte der eigentliche Begriff immer seyn, — Perpetuum mobile eine Maschine nennt, welche die Ursache ihrer Bewegung immer durch ihren eignen Mecha-

nismus zu erneuern vermag, deren bewegende Kraft ununterbrochen und ohne einen neuen Antrieb so lange fortwirkt, bis der Stillstand nur allein durch die Abnutzung der Maschinentheile erfolgt (gewaltsames Anhalten natürlich nicht mit gerechnet), so ist die Erfindung einer solchen Maschine wohl sehr schwer, aber, wie selbst die größten Mathematiker behaupten, doch nicht unmöglich.

Bis jetzt ist es noch Niemand gelungen, ein solches Perpetuum mobile zu Stande zu bringen. Obgleich manche Produkte in der ersten Hitze der Verfertigung für eine immerfort sich bewegende Maschine ausgegeben wurden, so kamen sie doch nach einigen Wochen oder Monaten von selbst wieder in Stillstand.

§. 36.

So machte man z. B. Kugeln, welche in gesetzmäßig bestimmten Zeiten unaufhörlich durch Rinnen oder Kanäle rollten, auf einem Uhr-Zifferblatte Zeiger in Bewegung setzten und durch elastische Druckfedern wieder emporgeschnellt wurden. So sah man Wanduhren, wie diejenige des Franzosen le Paute, die der Zug der Luft durch das Oeffnen und Schließen von Stubenthüren in Bewegung setzte; oder solche, wie diejenige des Engländers Coxe, welche mit einem sehr großen weiten Barometer verbunden waren, durch dessen Steigen und Fallen sie stets wieder aufgezogen wurden. So gab es, von einem jungen Schweizer Recorder erfundene Taschenuhren, die sich gleichsam von selbst aufzogen, indem ein kleines im Innern der Uhren angebrachtes Gewicht die Hauptfeder immer wieder spannte, wenn die Uhr, z. B. durch Tragen, binnen 24 Stunden nur einmal geschüt-

telt wurde. So hatte noch vor einer kurzen Reihe von Jahren Geiser zu Chaux de Fond eine Maschine verfertigt, deren Haupttheil ein großes, aber zierlich gearbeitetes Rad war, an der Peripherie mit einer großen Anzahl Cylinder, die sich durch einen eignen, von dem Rade selbst in Thätigkeit gesetzten Mechanismus auf der einen Seite des Rades legten, auf der andern aufrichteten, und so auf jener Seite immer das zur Bewegung dieses Rades erforderliche Uebergewicht bewirken sollten. Dieses Perpetuum mobile trieb eine vortreffliche Uhr. Aber es war Betrug dabei, nämlich eine sehr künstlich verborgene Uhrfeder, welche, heimlich aufgezogen, jener Ueberwucht zu Hülfe kam. So hatte schon Orfyreus in Cassel zu Anfange des vorigen Jahrhunderts ein großes sich immer von selbst drehendes Rad gemacht, welches aber nach einiger Zeit wieder in Stillstand kam.

So machte man, wie Heyne in Lemsal, Versuche, ein oberschlächtiges Wasserrad dadurch beständig umtreiben zu lassen, daß es selbst durch seine Bewegung Pumpen in Thätigkeit setzte, die das Treibwasser immer wieder über das Rad bringen sollten, u. dgl. mehr. Die Kenntnisse der Mechaniker, welche so etwas hervorbringen wollten, waren zu unreif, als daß sie dabei alle Umstände hätten übersehen und gehörig prüfen können. Selbst die Zambonische Säule, die vermöge ihrer anziehenden und abstoßenden electrischen Kraft das Räderwerk einer Uhr (Uhr des Ramis in München) unaufhörlich treiben sollte, bewährte sich nicht als ein Perpetuum mobile.

§. 37.

Die Erfindung der Mühlen, vornehmlich der Ge-

traidemühlen, gehört unter die nützlichsten aller menschlichen Erfindungen. Schon vor Moses Zeiten wußte man das Getraide in Mehl zu verwandeln, um Kuchen daraus zu backen; man mußte daher wenigstens schon Mittel haben, das Getraide zu zermalmen. Diese Mittel bestanden anfangs blos aus einer Art Mörser (ὁλμος, pila) und einer Keule (ὑπερον, pistillum). Das vorher gedörrte Getraide that man in den Mörser und mit der Keule zerstieß und zerrieb man es. Später gab man der Keule eine Kurbel zum Drehen, weil man gefunden hatte, daß das Zerreiben wirksamer, als das Zerstoßen war. Man fand es nachher besser, statt des Mörsers einen auf der obern Fläche ausgehöhlten Stein und statt der Keule gleichfalls einen Stein und zwar mit einer solchen Abrundung anzuwenden, daß dieselbe in jene Höhlung hineinpaßte. So hatte man schon eine ziemlich ordentliche Handmühle, die man auch bald mit Beihülfe von Rad und Getriebe in eine Pferdemühle oder Roßmühle umzuwandeln uud dadurch kräftiger zu machen wußte. Der um seine Axe sich umdrehende Stein wurde Läufer (μυλος, Meta, Turbo), der andere fest liegende Bodenstein (ὀνος, Catillus) genannt. Jener erhielt in seiner Mitte das Läuferauge oder ein geräumiges Loch zum Hineinschütten des Getraides, mit einem diametraliter hinüber laufenden, fest an den Stein befestigten Stege (der Haue), welcher für die Welle, woran er umlief, den Stützpunkt oder Umdrehungspunkt enthalten müßte. Wer übrigens diese Art Mühlen erfunden und verbessert hat, wo und wann dieses geschehen ist, wissen wir, leider! nicht anzugeben.

§. 38.

Um die edlern Kräfte der Menschen und selbst die Thiere zu schonen, die man doch zu andern Zwecken so nothwendig hatte — und die Zahl derselben, um den ganzen Bedarf an Mehl zu liefern, war bedeutend groß — so kam man auf den herrlichen Gedanken, das fließende Wasser als bewegende Kraft für die Mühlen (nicht für die Mehlmühlen allein, sondern auch für andere Arten von Mühlen) zu benutzen. Man mußte nämlich über oder unter den Wasserstrom eigne Arten von Rädern (Wasserräder, Mühlräder) legen, welche entweder durch den Stoß des unten anschlagenden Wassers, oder durch das Gewicht des oben auffallenden Wassers in Umdrehung gesetzt wurden. So entstanden unterschlächtige und oberschlächtige Wasserräder, welche später auch zur Treibung vieler anderer Maschinen angewendet wurden (§. 131 f.). Die unterschlächtigen Wasserräder erhielten an ihrer Peripherie gerade Breter oder Schaufeln, an die das Wasser stieß, die oberschlächtigen Räder aber erhielten an ihrer Peripherie Behältnisse oder Zellen, die das oben einfallende Wasser einnahmen. Ohnstreitig waren die unterschlächtigen Wasserräder früher da, als die oberschlächtigen. Zwischen sie und den Läufer kam ein gezähntes Räderwerk (wenigstens ein Kammrad und ein Getriebe), welches die Bewegung des Wasserrades mit vermehrter Geschwindigkeit bis zu dem Läufer hin fortpflanzen mußte.

Wer die auch auf andere Mahlwerke, sowie auf Stampfwerke, Sägewerke ꝛc. angewandten Wassermühlen erfunden hat, wissen wir wieder nicht; wir wissen blos, daß die Erfindung in die Zeiten des Mithridat, des Julius

Cäsar und des Cicero fällt. Wenigstens kamen sie damals schon in Asien vor. In Rom wurden die ersten Wassermühlen wahrscheinlich kurz vor Augusts Zeiten an der Tiber erbaut. Freilich gab es damals auch schon von fließendem Wasser getriebene Schöpfmühlen zum Ausschöpfen von Wasser, welche man oft mit den eigentlichen Wassermühlen verwechselt hat. In großen Strömen, deren Wasser man (schon wegen der Schiffahrt) nicht stauen oder mittelst eines Querdamms anschwellen konnte, mußte man die Mühle auf fest mit dem Ufer verbundene Schiffe legen. Auf der Tiber sah man die ersten Schiffmühlen im Jahr 536. Da diese durch den natürlichen Lauf des Flusses getrieben wurden, so mußte man dem Läufer mittelst eines Vorlegewerks (eines aus mehreren Rädern und Getrieben bestehenden Vorgeleges) die nöthige Geschwindigkeit zu ertheilen suchen.

§. 39.

Daß Deutschland und Frankreich im vierten Jahrhundert schon Wassermühlen hatten, ist ausgemacht. Aber erst im eilften, zwölften und dreizehnten Jahrhundert hatten sich diese Mühlen so vermehrt, daß Hand- und Roßmühlen gewöhnlich entbehrt werden konnten. Im dreizehnten Jahrhundert hatte man in nahe am Meer liegenden Flüssen sogar schon Wassermühlen, die sich nach der Ebbe und Fluth richteten.

Den Steg zum Empvrheben und Niederlassen des Läufers, den Rumpf zum Einschütten des Getraides, den Lauft oder die Zarge zum Beisammenhalten des Getraides, und den Rührnagel sammt Warzenring (Staffelring) zum Schütteln des Rumpfbodens (oder Schuhes)

hatten die Mühlen damals schon; aber das Beutelwerk existirte noch nicht. Wenn das Getraide durch die Mühlsteine zermalmt war, so wurde durch Handsiebe das Mehl von der Kleye abgesondert. Das von der Mühle selbst getriebene Beutelwerk wurde erst im Anfange des sechszehnten Jahrhunderts, wahrscheinlich in Deutschland, erfunden. Einige sächsische Mühlen erhielten solche Beutelwerke zuerst, z. B. diejenigen zu Zwickau im Jahr 1502, diejenigen zu Freyberg erst im Jahr 1580. Schweizer lernten es im Jahr 1533 von Memminger Müllern kennen. Alle diese Beutelwerke bestanden aus einem schräg durch einen Kasten (den Mehlkasten) gespannten porösen wollenen Beutel, der, mittelst Hebeln und Stöcken, von dem Mühleisen aus, durch Schütteln zum Hindurchstäuben des Mehls gebracht wurde. Erst vor vierzig Jahren erfand der Amerikaner Oliver Evans in Philadelphia auch Rollbeutel, die um ihre Axe sich drehen, sowie eigne Rühr-Vorrichtungen zum Abkühlen des Getraides, vor dem Beuteln, die aber bei uns, trotz ihrer Zweckmäßigkeit, noch nicht eingeführt worden sind, weil sie den Bau der Mühlen künstlicher und kostspieliger machen.

§. 40.

Nicht überall konnte man Wassermühlen einrichten, wo man sie gern gehabt hätte. Denn nicht überall finden sich Flüsse und Bäche, die man zur Treibung hätte benutzen können. An solchen Orten mußten Windmühlen von großer Wichtigkeit seyn. Man brachte an einer Welle vier Flügel von solcher Größe an, daß selbst ein schwacher Wind sie noch umzutreiben vermochte (§. 136 f.). Zwischen Welle und Läu-

ser setzte man wieder ein die Bewegung fortpflanzendes Räderwerk.

Entweder im zehnten oder im eilften Jahrhundert wurden die Windmühlen, und zwar der höchsten Wahrscheinlichkeit nach in Deutschland, erfunden. England und Frankreich erhielte diese Mühlen später. Die ersten Windmühlen waren Bockmühlen, d. h. solche auf Böcken oder Gestellen angebrachte und von bloßem Holz leicht gebaute Mühlen, die, um die Flügel nach dem jedesmaligen Winde zu richten, ganz und gar um ihre Axe gedreht werden konnten. Keine andere Arten von Windmühlen kannte man bis zur Mitte des sechszehnten Jahrhünderts. Von da an aber erfand ein Flanderer diejenige Bauart, bei welcher nicht die ganze Mühle, sondern blos das runde Dach mit den Flügeln umgedreht zu werden braucht, um die Flügel nach dem Winde zu richten. Das Hauptgebäude der Mühle konnte dann in jeder Form, auch von Stein, auf den Erdboden festgebaut werden; daher konnten Stürme, wie sie in Holland so häufig sind, die Mühle nicht leicht über den Haufen werfen. Man nannte solche Mühlen (zum Unterschiede der früher vorhandenen deutschen Windmühlen oder Bockmühlen) holländische Windmühlen. Besonders in den neuern Zeiten haben die Bockmühlen auch in Deutschland ihnen häufig Platz machen müssen. Man hat sie auch noch auf mancherley Weise zu vervollkommnen gesucht.

§. 41.

Seit geraumer Zeit hat man auch horizontale Windmühlen oder Windmühlen mit horizontal umlaufenden Flügeln erfunden, während die Flügel der gewöhnlichen Wind-

mühlen in vertikaler Fläche sich umdrehen. Solche über dem Dache der Mühle hervorragende Flügel, aus Klappen bestehend, die nach der einen Seite zu immer geschlossen, nach der andern offen sind; oder aus Flächen, die auf der einen Seite sich emporstellen, auf der andern sich niederlegen, brauchen nie nach dem Winde gerichtet zu werden. Sie sind aber wandelbarer und nicht so kräftig, als die vertikalen Flügel, obgleich Smeaton, Beatson, Hooper u. a. sie möglichst zu vervollkommnen gesucht haben.

Der Engländer John Bywater erfand im Jahr 1804 eine einfache und dauerhafte Vorrichtung, die Windmühlflügel, während ihrer Bewegung, nach Erforderniß zu bedecken oder zu entblößen. Ein anderer Engländer, Robert Baines, nahm im Jahr 1815 mancherley Verbesserungen mit den Flügeln vor. Besonders wesentlich aber war die schon ums Jahr 1807 erfundene Methode des William Curbitt, die Bewegung der Windmühlflügel gleichförmig zu machen, weil der Wind nicht immer mit gleicher Stärke bläst. Da waren denn wieder Schwungkugeln von Nutzen, wie sie als Regulatoren zuerst bei Dampfmaschinen vorkamen.

§. 42.

Eine wesentliche Verbesserung der Handmühlen (§. 37.) nicht blos zum Getraidemahlen, sondern auch zu andern Zwecken, war die Anbringung eines Schwungrades an derjenigen Axe, welche man mittelst der Kurbel in Umdrehung setzte. Dadurch brachte man mehr Gleichförmigkeit in die Bewegung der Maschine und verschaffte der bewegenden Kraft viele Erleichterung. Schon zu Anfange des siebzehnten Jahr-

hunderts gab es Handmühlen mit Schwungrädern. In den Mühlen-Beschreibungen des Johann Faulhaber vom Jahr 1616 und des Salomon de Cous vom Jahr 1688 werden die Schwungräder schon als wesentliche Theile der Handmühlen dargestellt. Polhem, Krafft, Büsch, Mönnich, Langsdorf und Brodreich haben im vorigen Jahrhundert über die Schwungräder manche scharfsinnige theoretische Untersuchungen angestellt. Neue Arten von Handmühlen aber wurden im achtzehnten und zu Anfange des neunzehnten Jahrhunderts unter andern von den Franzosen Mansard und Durand, von den Deutschen Hof, Müller, Ernst und Eberbach, von dem Engländer Rustall, von den Schweden Brelin und Dalgreen, und von dem Isländer Jens Lassen Busch erfunden.

Feldmühlen oder Wagenmühlen, welche im Kriege auf Wagen, die zugleich das Gestelle der Mühlen ausmachen, von Ort zu Ort gefahren und sogleich durch die Pferde, welche sie gezogen hatten, in Thätigkeit gesetzt werden können, soll der italienische Ingenieur Pompeo Targone am Ende des sechszehnten Jahrhunderts zuerst eingeführt haben. Der Engländer Walker verbesserte sie in der neuesten Zeit. Die Feldmühlen, welche Napoleon mit in den russischen Krieg nahm, wurden besonders wegen ihrer Einfachheit, leichten Behandlung und Wirksamkeit gerühmt. Thiermühlen mit Treträdern, z. B. Ochsenmühlen mit schiefliegenden Treträdern gab es schon vor mehreren Jahrhunderten. Unter den neuern Arten von Tretmühlen sind diejenigen des Eckhardt in London mit mehreren Treträdern an einer Welle, sowie die in England vor wenigen Jahren

für Gefangenhäuser erfundenen, mit einem sehr langen von Menschen getretenen Tretrade bemerkenswerth.

§. 43.

Stampfmühlen wurden wohl beinahe zu gleicher Zeit mit den Mahlmühlen erfunden. Die Haupttheile derselben waren perpendikuläre Balken oder Stampfer, die durch fingerartige Zapfen (Däumlinge) einer umlaufenden Welle emporgehoben wurden, und dann vermöge ihrer Schwere wieder niederfielen und die unter ihnen in Behältnissen oder Gruben liegenden Körper bearbeiteten. So sind sie auch noch immer eingerichtet, wie man an den Oehlmühlen, Lohmühlen, Pulvermühlen, Gyps= und Kalkstampfmühlen, Pochmühlen rc. sieht. Freilich wurden die Stampfmühlen zu dem verschiedenen Gebrauch nicht zu gleicher Zeit, zu manchem Gebrauch viel später, als zu anderm eingeführt. So wurden die eigentlichen Pochwerke mit Stampfern zum Zerstoßen der Erze in den Pochtrögen nicht früher, als in den ersten Jahren des sechszehnten Jahrhunderts, und zwar in Deutschland, angewendet.

Hammermühlen oder Hammerwerke, deren Hämmer, welche z. B. Metalle ausdehnen, Lumpen zerkleinern (wie in Papiermühlen) Tuch walken (wie in Walkmühlen) rc., auf ähnliche Art durch Däumlinge einer Welle in Bewegung gesetzt werden, wie die Stampfmühlen, gab es zum Strecken der Metalle im dreizehnten Jahrhundert schon. Zu Papiermühlen, Walkmühlen u. dgl. sind sie später angewendet worden. Sowohl bei solchen Hammermühlen, als auch bei Stampfmühlen, sowie bei Balg= oder Gebläsemaschinen auf Schmelzhütten (wo die Bälge gleichfalls durch

Däumlinge einer umlaufenden Welle in Thätigkeit gesetzt werden) war die Verbesserung der Däumlinge, in Hinsicht ihrer schicklichsten Figur, wie sie zum Vortheil der Kraft die leichteste Bewegung bewirkte, von nicht geringer Wichtigkeit. Anfangs hatte man die Abründung der Däumlinge nach einem Kreisbogen, später nach einer Ellipse vorgenommen. Um die Mitte des achtzehnten Jahrhunderts aber wandte der schwedische Mathematiker Pehr Elvius die Epicycloide (Abtheil. I. §. 93.) zu dieser Abründung an. Auch Kästner stellte im Jahr 1771 sehr lehrreiche Betrachtungen über dieselbe Anwendung der Epicycloide an. Dieselbe krumme Linie hatte man ja schon früher zur Abrundung der Zähne der Stirnräder (§. 29.) geschickt gefunden, und der Bergrath Borlach zu Kösen in Sachsen hatte sie schon bei großen Rädermaschinen, der Uhrmacher Berthoud in Paris bei kleinen, mit Nutzen angewendet.

§. 44.

Die Erfindung der Sägemühlen (der Wasser- und Wind-Sägemühlen) war schwerer, als die Erfindung der Mahl-, Stampf- und Hammermühlen, weil der Mechanismus der Sägemühlen zusammengesetzter ist. Die in ein Gatter gespannte Säge mußte sich nämlich stets auf und nieder bewegen, und dabei mußte der durchzusägende Baum, der auf einem Gestelle (dem Klotzwagen) fest lag, ihr zugleich allmälig entgegenrücken. Ersteres geschah mittelst einer um die Axe eines Rades umlaufenden Kurbel; letzteres mittelst eines Sperrrades, eines an dessen Welle fest sitzenden Getriebes und der gezahnten Unterfläche jenes Gestelles. Eine von dem auf- und absteigenden Sägegatter hin und her gezogene Sperr-

oder Stoßstange, die mit ihrem klauenförmigen Ende in das Sperrrad griff, schob dieses allmälig herum, wodurch mittelst des in die gezahnte Unterfläche des Gestelles eingreifenden Getriebes auch letzteres allmälig weiter rücken mußte.

Schon zu Anfange des vierzehnten Jahrhunderts hatte Deutschland Sägemühlen; Augsburg z. B. besaß eine solche schon im Jahr 1322. Doch waren sie damals noch selten; erst im fünfzehnten Jahrhundert wurden sie in Deutschland häufiger. Da sie aber in Holland erst zu Ende des sechszehnten, in England zu Anfange des siebzehnten, in Schweden um die Mitte des siebzehnten Jahrhunderts scheinen eingeführt worden zu seyn, so dürfte man wohl Deutsche für die Erfinder derselben halten. In Holland waren die meisten Sägemühlen von jeher Windmühlen. Sogar Sägemühlen mit vielen Sägeblättern, die jeden Baum auf einmal in mehrere Breter zerschnitten, gab es im sechszehnten Jahrhundert schon.

§. 45.

Wenn auch die Marmor- und andere Stein-Sägemühlen gleichfalls schon mehrere Jahrhunderte alt sind, so sind sie doch später, als die Holzsägemühlen erfunden worden. Letztere verbesserte vornehmlich der französische Hydrauliker Belidor in der ersten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts. Um zu nützlichen Resultaten zu gelangen, machte er viele Erfahrungen und Versuche an mancherley Sägemühlen, wie er es auch bei Mahlmühlen und andern Arten von Mühlen gethan hatte. Der berühmte Euler stellte im Jahr 1756 scharfsinnige Betrachtungen über die Action des Sägens in der Sägemühle an.

Besondere Arten von Sägemühlen brachten im achtzehnten Jahrhundert die Franzosen du Quet, Guyot und Albert, die Engländer Wright und Stansfield, der Amerikaner Coates, der Schwede Knutberg, die Deutschen Gervinus und Lewenau ꝛc. an's Licht. Steinsägemaschinen mit eignem Mechanismus, auch Sägemaschinen zum Absägen der Pfähle unter Wasser, der Bäume im Walde, sowie solche zum Sägen in allerley krummen Linien schlugen unter andern die Franzosen de Fonsjean und Tiroude, die Deutschen Haken und Schäfer, die Engländer Trotter und Fould, und der Schwede Thunberg vor.

§. 46.

Unter allen diesen verschiedenen neuen Arten von Sägemühlen und Sägemaschinen verdiente wohl die Sägemühle mit ring- oder kreisförmigem Sägeblatt, wie der Franzose Albert im Jahr 1799, der Amerikaner Eastman, die Engländer Brunel, Smart, Machell und andere sie etwas später vorschlugen, am meisten Beachtung. Die Säge schneidet hier immer fort, indem sie sich immer nach einer Gegend zu um ihre Axe dreht, während das gewöhnliche Sägeblatt der Sägemühlen, dessen Zähne in einer schrägen Linie aufwärts gehen (einen Anlauf oder Busen haben) nur beim Heruntergehen schneidet. Diejenige des Eastmann ist eine der besten, nicht blos zu kleinern Zwecken, wozu die Cirkelsägemühlen anfangs gewöhnlich nur dienten, sondern auch zu größern. Auch Gibson verbesserte sie, und der Amerikaner Steward ließ sie so durch eine Feder betreiben, daß sie sehr schnell und wirksam umlief.

Auch der von mir schon öfters wiederholte Vorschlag, bei Sägemühlen mit geraden Sägeblättern den Klotzwagen mit dem darauf befestigten Stamme, statt des gewöhnlichen künstlichen Mechanismus, blos mittelst Zuggewichten, die man nach jeder Holzsorte reguliren könnte, der Säge entgegenrücken zu lassen, dürfte wohl der Anwendung, wenigstens in manchen Fällen, nicht unwerth seyn. Alsdann wäre ja auch kein Anlauf nöthig und die Säge schnitte beim Niedergange sowohl, als beim Aufgange. Zu kleinern Zwecken, selbst zum Schneiden von Elfenbein, Knochen xc., ist eine solche Sägemühle nach meiner Angabe schon ausgeführt worden.

§. 47.

Bohrmühlen zum Bohren hölzerner Röhren (der Brunnenröhren und Wasserleitungsröhren) waren schon im sechszehnten Jahrhundert bekannt. Wenigstens Ulm hatte damals schon eine solche, die von Wasser getrieben wurde. Der an eine Axe befestigte Bohrer lief mit dieser Axe um, und der zu durchbohrende, auf einem Klotzwagen befestigte Baum wurde ihm mittelst des Klotzwagens durch einen ähnlichen Mechanismus entgegengeschoben, wie bei den Sägemühlen.

Aehnliche Mühlen zum Bohren metallener Röhren, z. B. der Flintenläufe, der Kanonenläufe, der Dampfmaschinen-Cylinder xc. wurden erst später angelegt. Kanonen-Bohrmaschinen kamen vornehmlich im achtzehnten Jahrhundert verschiedene an's Licht, wie z. B. diejenigen der Franzosen Villons, Monge, Couvin und Chaillot, diejenige des Holländers Maritz u. a. Früher waren die Vertikalbohrmaschinen am üblichsten; in der neuesten Zeit sind die Horizontalbohrmaschinen gebräuchlicher geworden. Smeaton und

Nicholson vervollkömmneten die Bohrmaschinen in den neueren Zeiten sehr wesentlich, besonders was die Genauigkeit beim Bohren betraf.

So wie alle genannte Maschinen durch die Vervollkommnung der Mechanik verbessert wurden, so geschah dies auch mit andern gleichfalls zum technischen oder ökonomischen Gebrauch bestimmten Maschinen, wie z. B. mit den schon längst vorhandenen Schleif- und Polirmühlen zum Schleifen und Poliren von allerley Metall- und Glaswaaren. Viele neue technische Maschinen wurden im achtzehnten Jahrhundert erfunden, namentlich in der letzten Hälfte desselben, wie z. B. die Krempel- und Spinnmaschinen, die Tuchscheermaschinen, vielerley Arten von Prägemaschinen, von Dreschmaschinen, Säemaschinen rc. An ihnen oder doch an einzelnen Theilen derselben offenbarte sich oft der feinste Mechanismus.

§. 48.

Der Bergbau hatte immer Maschinen nöthig, theils zur Aufförderung der Erze und Berge, theils zum Emporschaffen des Grubenwassers. Haspel und Göpel waren von jeher die vornehmsten Maschinen zu ersterem Zweck; Saug- und Hebepumpen, Paternosterwerke, Püschel- und Kastenkünste zu letzterem, wie man aus dem Agricola sieht. Jene durch Menschenhände oder durch Pferde getriebenen Winden wurden in der neuesten Zeit vollkommener gebaut, indem man ihren Mechanismus auf geläuterte Grundsätze der Mechanik stützte, z. B. was die Gestalt und Einrichtung der Kurbel betraf.

Bei Pferdegöpeln suchte man in England schon vor vier-

zig Jahren, statt der cylindrischen Göpelkörbe (faßartige Umgebung des vertikalen Wellbaums, um welchen das Seil sich wickelt), die Spiralkörbe einzuführen, deren Theorie, zur Erzeugung einer gleichförmigern Bewegung, sich auf die Theorie der Schnecke in Taschenuhren (§. 22.) gründet. Indessen fand man die Vortheile solcher Göpelkörbe nicht so groß, daß man die gewöhnlichen mit ihnen überall vertauscht hätte.

§. 49.

Paternosterwerke, Kastenkünste, Eimerwerke u. dgl. gehörten unter die ältesten, aber auch unvollkommensten Wasserhebungsmaschinen. In den neuesten Zeiten werden diese, welche in den Maschinen-Theatern des sechszehnten und siebzehnten Jahrhunderts, z. B. des Besson, Ramelli, Zeising u. a. so häufig vorkommen, nur noch wenig angewendet. Schöpfräder und Schaufelwerke aber, ja selbst einige Arten von Eimerwerken, gebraucht man in manchen Fällen auch heutiges Tages noch, freilich in einem verbesserten oder veränderten Zustande, z. B. um Wasser aus Sümpfen herauszuschöpfen, oder um es aus Flüssen zu heben und zur Wiesenwässerung zu benutzen u. dgl. So benutzte man in Holland schon vor mehreren Jahrhunderten solche Schöpfräder, mit hängenden Kasten an der Peripherie, die oben die emporgehobene Flüssigkeit ausstürzten. Vom Jahr 1450 an ließ man sie in Holland durch Windflügel treiben. Leupold, Belidor, Woltmann u. a. haben die Schöpfräder, wie man sie noch im achtzehnten Jahrhundert anwendete, beschrieben. Ein vorzügliches Schöpfrad erfand in der neuern Zeit de la Faye.

Schaufel- und Eimerwerke mit Schaufeln oder

Eimern an Ketten oder Seilen, die um Rollen oder Scheiben sich schlingen, unten schöpfen und oben das Geschöpfte in Rinnen ausgießen, werden noch immer als Hafenreiniger oder Baggermaschinen mit großem Vortheil benutzt, vornehmlich zum Reinigen der Häfen und Flüsse von Schlamm, Sand u. dgl. Solche Maschinen kommen schon im sechszehnten Jahrhundert vor, und wahrscheinlich hat man sie noch früher gehabt; vermuthlich haben die Aegyptier sie schon in alten Zeiten angewendet. Schwenter beschreibt (in seinen Erquickstunden vom Jahr 1651) schon verbesserte Hafenreiniger. Durch Perrault, Leupold, Belidor u. a. lernten wir im achtzehnten Jahrhundert noch bessere kennen. Nach der Mitte desselben Jahrhunderts wurde die Austiefungsmaschine des Holländers Rebelykhyd berühmt, sowie um dieselbe Zeit und später noch andere, wie z. B. diejenigen des Castain, Büsch, Molard u. a.

§. 50.

Am häufigsten wendet man noch immer die Saugpumpen zum Wasserheben an. Schon der alte griechische Hydrauliker Ctesibus kannte dieselben. Bis ins sechszehnte Jahrhundert wurden diese Pumpen entweder blos durch Menschenhände in Bewegung gesetzt, wie es noch jetzt mit unseren gemeinen Brunnenpumpen geschieht; oder man ließ sie durch Wasserräder treiben, in deren Axe eine Kurbel steckte, die mit den Pumpenstangen eine einfache Verbindung hatte, um diese auf- und niederziehen zu können. Erst nach dem sechszehnten Jahrhundert scheint man von Stangenkünsten oder Feldgestängen, unter Beihülfe von Kunstkreuzen, Gebrauch gemacht zu haben; man setzte sie zwischen

Wasserrad und Pumpen und so konnte man letztere oft von einem fließenden Wasser betreiben lassen, das von ihnen weit entfernt war. In den sächsischen Bergwerken und auf dem Harz hatte man diese Kunstkreuze frühzeitig. Walter Taylor, Brunton, Jekyl u. a. haben die Saugpumpen in der neuern Zeit vervollkommnet. Vornehmlich sind die einzelnen Theile derselben, z. B. Ventile und Kolben, in der neuesten Zeit in mancher Hinsicht verbessert worden; und was man jetzt mit vereinbarten Saug- und Hebesätzen in Bergwerken zu leisten vermag, zeigen besonders die sogenannten hohen Sätze der Engländer.

§. 51.

Druckwerke, oder diejenigen Wasserkünste, bei denen das Wasser, wenn es einmal durch Saugen (§. 139.) in die Stiefel getreten ist, durch einen gewaltsamen mechanischen Druck entweder in einer Röhre hinauf- oder in einem freien Strahle emporgetrieben wird, zeigten freilich als Feuerspritzen (§. 70 f.) ihren vorzüglichsten Nutzen. Aber auch zu andern, oft sehr großen Zwecken, wo es darauf ankam, eine große Quantität Wasser auf eine bedeutende Höhe zu bringen, sind sie oft mit Nutzen angewendet worden. Die Wasserkünste zu Marly bei Versailles, und diejenigen zu Herrenhausen bei Hannover geben hiervon die auffallendsten Beispiele. Jene, unter Ludwig XIV. erbaut, von Leupold, Belidor, Weidler und Karsten beschrieben, mußten vermöge eines großen zusammengesetzten, durch vierzehn in der Seine befindliche unterschlächtige Wasserräder getriebenen Druckwerks die Gärten von Versailles, Marly und Trianon mit dem nöthigen Wasser aus der Seine versehen; und wenn man

die ungeheure Größe dieses Werks kennt, eigentlich aus 68 mit einander verbundenen Druckwerken bestehend, die das Wasser 502 Fuß hoch auf einen Thurm heben mußten, so wird man sich nicht verwundern, daß 1800 Menschen daran 7 Jahre lang arbeiteten, und daß es über 8 Millionen Livres kostete.

Bei der Herrenhäuser Wasserkunst, welche im Jahr 1716 von dem Engländer Clifft mit einem Aufwande von 300,000 Reichsthalern erbaut wurde, setzten fünf unterschlächtige Wasserräder acht Druckwerke in Thätigkeit, die nicht blos das für die Stadt Hannover bestimmte Wasser der Leine auf eine gewisse Höhe drücken, sondern auch zu einer herrlichen Fontaine einen freien Wasserstrahl von 120 Fuß Höhe bewirken mußten. Der vereinte Effekt aller Druckwerke brachte einen ununterbrochenen Strahl hervor, wie er freilich mittelst eines Windkessels leichter hätte erzeugt werden können. — Mariotte, Daniel Bernoulli, Belidor, Martin, Smeaton, Langsdorf, von Baader, von Reichenbach, John Stephens, Richard Franklin, William Tiror, William Brunton, Cole, Leslie, Robert Clarke u. a. suchten die Druckwerke zu vervollkommnen.

§. 52.

Wenn wir auch noch immer mehrere andere alte Wasserhebmaschinen, meistens freilich im verbesserten Zustande, zum Emporheben von Wasser mit Nutzen anwenden, z. B. Schöpfräder und Wasserschrauben, so sind doch in der neuern Zeit manche, wenigstens für mehrere Fälle, noch wirksamere dazu gekommen. Dahin gehört schon die von dem Schweizer

Andreas Wirz im Jahr 1746 erfundene Spiralpumpe, aus einer hohlen Trommel bestehend, worin ein Metallstreifen wohl zehnmal (wie die Feder einer Taschenuhr) sich spiralförmig herumwindet, um eben so viele spiralförmige Gänge zu bilden, die, bei der Bewegung der Trommel um ihre Axe, Wasser von einer Oeffnung des äußern Ganges bis in die Mitte führt, wo es aus einer Art Nabe herausläuft. Daniel Bernoulli hat von dieser Maschine (in den Petersburger Commentarien) eine Theorie geliefert. Aehnliche Spiral- und Schneckenräder hatte man schon früher gehabt; selbst mit dem Tympanum der Alten hatte es eine ähnliche Bewandniß. Bei einem Schneckenrade, wo aus der Mitte mehrere spiralförmige Röhren, deren äußere Mündung das Wasser schöpft, die innere es zu einer Art Nabe herausführt, hat man gesucht, die bogenförmigen Röhren nach einer Cycloide (Abthl. I. §. 85.) zu winden, um dadurch einen größern Effekt zu erhalten.

Solche Schraubenpumpen, wo Röhrenwindungen neben einander (wie Schraubengänge) um eine horizontale Welle laufen, sind in der neuesten Zeit vornehmlich von Eytelwein in Berlin empfohlen worden. Vorn hat die Röhre eine Art Schöpf-Horn zur Mündung, und hinten ist sie mit einer Steigröhre verbunden, wodurch man im Stande ist, das herbeigeschraubte Wasser auf eine bedeutende Höhe zu bringen.

§. 53.

Der vor etlichen zwanzig Jahren von den Franzosen Montgolfier und Argand erfundene hydraulische Widder, hydraulische Stößer oder Wasser-Widder, womit

man das Wasser eines Flusses oder Baches viele hundert Fuß hoch emporbringen kann, machte in der mechanischen Welt, wegen seiner großen Wirksamkeit und Einfachheit, viel Aufsehen. Auf einer in das fließende Wasser gelegten Röhre, der Durchflußröhre, befindet sich rechtwinklicht eine andere, die Steigröhre. Jede von ihnen hat ein Ventil. Die Gewalt des Wassers schließt immer auf einen Augenblick die Durchflußröhre, wodurch das Wasser genöthigt ist, in der Steigröhre hinaufzutreten. Sogleich kommt das Wasser in der Durchflußröhre wieder zum Fließen; aber nur auf einen Angenblick, weil es auch das Ventil dieser Röhre wieder schließt; u. s. f. So kommt das Wasser, durch ein beständiges Stoßen, in der Steigröhre immer höher und höher.

Schon zehn Jahre vor Montgolfiers und Argands Erfindung hatte der berühmte Boulton zu Soho in England sich auf eine ähnliche Maschine ein Patent geben lassen. Ob jene Franzosen etwas davon gewußt haben, läßt sich nicht bestimmen. Später verband Montgolfier die Steigröhre dieser Maschine mit einer Art Windkessel; dadurch verstärkte er ihre Wirkung erst recht, und machte den Ausfluß des Wassers aus der Steigröhre ununterbrochen. Der Engländer Millington verbesserte sie noch mehr; und ganz neuerlich auch Godin in Paris. Eytelwein hat mit dieser Maschine viele lehrreiche Versuche angestellt. Vorzüglich geschickt fand man sie als Bewässerungsmaschine, z. B. für Wiesen. Desaguliers, Sarjeant u. a. hatten schon früher besondere Wasserhebmaschinen erfunden, die nicht übel waren. Die Seilmaschine des Franzosen Verat erhielt Beifall; eben so erst vor wenigen Jahren eine hydraulische

Maschine von Crelle in Berlin. Die Zickzackmaschine des Franzosen Adrien de Cordemoy aber, aus einer zickzackförmigen mit mehreren Ventilen versehenen und über dem Wasser pendelartig aufgehängten Röhre bestehend, ist, wie manche andere oft seltsam eingerichtete hydraulische Maschine, nicht in Gebrauch gekommen.

§. 54.

Der Heber, welcher in einigen Fällen als eine nützliche Wasserhebmaschine gebraucht werden kann, war schon den alten Griechen bekannt. Hero erwähnt desselben. Man glaubte, daß der Abscheu des Leerren (§. 139.) seine Wirkung erzeuge. Johann Baptiste Porta wollte mit ihm Wasser über Berge leiten; auch Schwenter that denselben Vorschlag. Beide wußten noch nicht, daß die Höhe des Berges nur 32 Fuß betragen dürfe, wenn das Experiment gelingen sollte. Torricelli hatte (§. 139.) die wahre Ursache vom Emporsteigen und Hindurchlaufen des Wassers durch den Heber entdeckt. Bis zu Ende des siebzehnten Jayrhunderts hatte man immer geglaubt, der in Wasser eingetauchte Schenkel des Hebers müsse kürzer seyn, als der andere. Johann Jordan zu Stuttgart widerlegte diese Meinung zuerst und im Jahr 1684 machte der würtembergische Leibmedikus Salomon Reisel zuerst den würtembergischen oder Reiselischen Heber bekannt, der zwei gleiche Schenkel hatte. Nun sah man ein, daß es, wenn der Heber sollte laufen können, nur darauf ankam, der Mündung des äußern Schenkels eine tiefere Lage zu geben, als die Oberfläche des Wassers in dem auszuleerenden Behälter.

Den durch ein Gefäß gleichsam unterbrochenen

Heber kannte Pater Schott schon nach der Mitte des siebzehnten Jahrhunderts. Wolff und Leupold zeigten zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts, wie mehrere solche unterbrochene Heber sich verbinden ließen, um dadurch Wasser auf eine größere Höhe zu bringen, als 32 Fuß. Mancherlei auffallende Erscheinungen mit Wasser durch versteckte Heber u. dgl. hervorzubringen, haben nicht blos Schott, sondern viel ältere Hydrauliker gezeigt.

§. 55.

Der von dem alten Alexandriner Hero erfundene sogenannte Heronsbrunnen gab in der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts dem Oberkunstmeister Höll zu Schemnitz in Ungarn die Veranlassung zur Erfindung seiner Luftsäulenmaschine, welche man seit jener Zeit in manchen Bergwerken zur Gewältigung der Grubewasser anwendet. Mittelst mehrerer mit luftdichten Gefäßen verbundener Röhren muß das herbeifließende Wasser die Luft in einem Gefäße zusammendrücken, und diese zusammengedrückte, folglich verdichtete Luft muß wieder Wasser zu einer Steigröhre hinaus bis zu Tage emportreiben.

Menschenhände mußten die in den Röhren befindlichen Hahnen drehen, um sie zur rechten Zeit zu öffnen und zu verschließen, wenn die Wirkung der Maschine ordentlich erfolgen sollte. Der Engländer Boswell aber verband mit den Hahnen eine Maschinerie, welche, durch den Gang der Maschine selbst getrieben, das Oeffnen und Schließen der Hahnen ohne menschliche Beihülfe verrichtete. Ein Paar andere Engländer, Goodwyn und Trevithick, nahmen manche nicht unwirksame Veränderungen mit derselben Höllschen Maschine vor.

§. 56.

Eine noch interessantere Wasserhebungsmaschine war die von dem Braunschweigschen Ingenieur Winterschmiedt im Jahr 1748 angegebene und bald nachher auf dem Harz angelegte Wassersäulenmaschine, welche mittelst des Drucks einer hohen Wassersäule wirkt. Schon längst wußte man, daß Wasser, welches in einer hohen Röhre und in einer niedrigen Röhre oder in einem niedrigen Behälter befindlich ist, mit einander zu balanciren trachtet, um in beiden Räumen gleich hoch zu steigen, daß es aber, weil es in dem niedrigen, eben so hoch zu steigen, verhindert wird, entweder daraus zu jener Höhe emporspringt, wie bei den hydrostatischen Springbrunnen, oder die obere Wand des niedrigen Behälters mit einer Gewalt drückt, welche dem Gewicht einer Wassersäule von der Grundfläche jener Wand und der Höhe des Wassers über dieser Wand gleich ist. Schon zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts machte Wolff eine Anwendung von diesem Satze bei seinem anatomischen Heber, der Niederländer s'Gravesande einige Jahre nachher bei seinem hydrostatischen Blasebalge. Dort wurden, durch den Druck der hohen Wassersäule in einer langen Röhre, Blasen oder Häute, die man über die Mündung des weiten Gefäßes gespannt hatte, außerordentlich gespannt und ausgedehnt; hier wurde eben dadurch auf einer aus ein Paar Platten und einer blasbalgartigen Umgebung von Leder bestehenden Vorrichtung ein sehr schweres Gewicht eine Strecke (soweit es jene Umgebung gestattete) emporgehoben. Bei Winterschmiedts Wassersäulenmaschine bestand der niedrige Behälter aus einem weiten inwendig genau ausgebohrten Cy-

linder mit einem Kolben, unter welchen die hohe Wassersäule der langen Röhre drückte und ihn emportrieb; mittelst eines eignen darunter befindlichen Hahns wurde das unter dem Kolben stehende Wasser jedesmal wieder herausgeschafft. Durch ein solches abwechselndes Untertreten des Wassers unter den Kolben und Wiederhinwegschaffen, erhielt der Kolben ein stets auf- und niederwärts gehendes Spiel, welches man zur Betreibung anderer Pumpen u. dgl. benutzen konnte. — In der neuesten Zeit ist ja derselbe Druck des Wassers zu den hydrostatischen und hydrodynamischen Pressen angewendet worden.

Zu dem Drehen des Hahns der Winterschmiedtschen Maschine wurden abgerichtete Menschen gebraucht. Der Oberkunstmeister Höll zu Schemnitz in Ungarn bediente sich zuerst eines Mechanismus, der sogenannten Steuerung, vermöge welcher die Maschine selbst das Oeffnen und Schließen des Hahns verrichten mußte. Schon im Jahr 1749 baute er eine Wassersäulenmaschine mit einer solchen Steuerung, die man so nutzbar fand, daß bald noch mehrere derselben angelegt wurden. Langsdorf in Heidelberg, Busse in Freyberg, Westgard in England, und von Reichenbach in München verbesserten späterhin diese Wassersäulenmaschine sehr. Diejenige des Reichenbach ist wohl die sinnreichste und kräftigste unter allen. Sie wurde im Jahre 1817 zu Ilsang bei Berchtesgaden in Baiern gebaut, um eine Quantität gesättigter Soole aus dem Salzwerke von Berchtesgaden 1218 Fuß hoch emporzuschaffen, damit dieselbe dann durch Röhren nach Reichenhall laufen konnte.

§. 57.

Der Engländer Trevithick gab vor fünfzehn Jahren

eine hydraulische Maschine an, deren bewegende Kraft gleichfalls von dem Drucke einer hohen Wassersäule herrührte. Eine solche Einrichtung, wie diese Trevithicksche Maschine, hatten aber schon im Jahr 1731 die Franzosen Denisard und Deuille einer Maschine gegeben, die in der neuesten Zeit der Engländer Boswell vervollkommnete. Indessen hat in der Folge auch Trevithick selbst manche Veränderungen mit derselben Maschine getroffen. Die hydraulischen Maschinen von dem Engländer Brooks und von dem französischen Grafen Thiville sind, sowie manche andere, zu keiner nützlichen Anwendung gebracht worden.

Von der Saugschwungmaschine des Langsdorf ist ebenfalls wenig Gebrauch gemacht worden. Diese Maschine wirkt vereint mittelst des Saugens, d. h. eines luftleeren Raums in einer, in das Wasser gestellten, vertikalen Röhre, und der sogenannten Rückwirkung des Wassers in ein Paar armförmigen Röhren, die mit dem innern Raume jener vertikalen Röhre Gemeinschaft haben. Sowie aus Seitenöffnungen in den armförmigen Röhren Wasser in eine kreisförmige Rinne ausläuft, so bildet sich in der vertikalen Röhre der luftleere Raum, in welchen der Druck der äußern Luft das Wasser hineintreibt, welches immer wieder zu den armförmigen Röhren seinen Ausweg findet. So geht das Spiel beständig fort.

§. 58.

Was die Rückwirkung oder Reaction des Wassers (§. 134.) betrifft, so sieht man diese besonders an der im Jahr 1747 von Segner in Göttingen erfundenen Rückwirkungsmaschine (dem Segnerschen Wasserra-

15 *

de), wo aus den horizontalen Seitenröhren eines mit Wasser gefüllten vertikalen hohlen, auf Zapfen ruhenden, Cylinders nach einer und derselben Gegend zu Wasser herausläuft, wodurch die ganze Vorrichtung nach der entgegengesetzten Richtung schnell in Umlauf gesetzt wird. Euler, Jacob Bernoulli, Krafft, Karsten und Bossút haben über diese Maschine, und über die Reaction des Wassers überhaupt, bald Untersuchungen angestellt; der Engländer Barker hat sie zu einer Wassermühle ohne Rad und Trilling anzuwenden gesucht; Hollenberg in Osnabrück, sowie der Engländer Rumsey haben sie verbessert; von Kempele aber hat sie, indem er zu ihrem Triebe Dampf, statt Wasser, anwandte, zu einer Dampfmühle ohne Rad und Trilling eingerichtet.

§. 59.

Die größte mechanische Merkwürdigkeit, welche auch die wichtigsten Folgen hatte, war die Erfindung der Dampfmaschinen. Man hatte wohl schon vor dieser Erfindung die große Gewalt der in einem engen Raum eingeschlossenen Wasserdämpfe gekannt. Besonders hatte Dionysius Papin, Leibarzt des Landgrafen von Hessen-Cassel und berühmter Naturforscher, durch seinen nach ihm benannten Topf, und durch seinen Vorschlag, mit Wasserdampf zu schießen, aufmerksam genug darauf gemacht; aber an die Benutznng desselben zum Treiben von Maschinen dachte Papin noch nicht. Indessen findet sich in einer kleinen schon im Jahr 1655 von dem englischen Marquis von Worcester herausgegebenen Schrift die Beschreibung von einer Maschine, die durch Dämpfe von kochendem Wasser getrieben werden könnte; aber ausgeführt wurde diese Maschine nicht.

Nach einem noch jetzt im brittischen Museum zu London befindlichen Manuscripte soll Samuel Morland im Jahr 1681 die Dampfmaschinen erfunden haben; aber weder in England, noch in Frankreich, wohin Morland sich wendete, soll die Erfindung beachtet worden seyn. Mehr Glück hatte der englische Kapitän Savary in den letzten Jahren des siebzehnten Jahrhunderts. Eine von ihm erfundene Dampfmaschine wurde wirklich in den Kornwallschen Bergwerken angelegt, wo sie die zum Emporschaffen des Grubenwassers bestimmten Pumpen in Thätigkeit setzen mußte.

§. 60.

Daß die Savarysche Dampfmaschine noch sehr unvollkommen war, kann man leicht denken. Die ein Dutzend Jahre nachher von Thomas Newcomen und John Cawley erfundene war schon besser. In den Jahren 1711, 1719, 1722, 1723 und 1726 wurden solche Dampfmaschinen zu manchen großen Zwecken, wo durch viele Pumpen in kurzer Zeit sehr viel Wasser emporgehoben werden sollte, angewendet. Aber auch diese Maschinen, so kräftig sie auch seyn mochten, waren doch noch sehr unvollkommen; insbesondere erforderten sie eine gar zu kostspielige Feuerung. Der große Kolben eines großen weiten Cylinders wurde durch die in einer eignen Röhre von dem Dampfkessel herbeiströmenden Dämpfe gewaltsam in die Höhe getrieben; in dem Augenblicke aber, wo er seinen höchsten Stand erreicht hatte, spritzte ein durch eine besondere Röhre herbeigeführter Strahl kaltes Wasser unter ihn, vernichtete die Dämpfe durch Abkühlung und erzeugte unter dem Kolben einen solchen luftleeren Raum, daß nun der Druck der äußern Luft den Kolben mit großer Kraft wie-

der hinuntertrieb, wo dann dasselbe Spiel von neuem anfing. Die Kolbenstange war mit einem langen und schweren Waagbaum (Balancier) verbunden, welcher durch das Auf- und Niedersteigen der Kolbenstange gleichfalls um seinen Mittelpunkt auf- und niederwiegen mußte; vermöge eines kleinen, mit Kunstkreuzen verbundenen Gestänges aber mußte die Bewegung des Waagbaums auf die Kolbenstangen aller in Thätigkeit zu bringenden Wasserpumpen hinwirken. Dieselbe Bewegung des Waagbaums mußte zugleich vermöge eines künstlichen Mechanismus, der Steuerung, die Hahnen oder Ventile der verschiedenen zur Dampfmaschine gehörigen Röhren zur rechten Zeit öffnen und schließen, um bald Dämpfe, sowie Spritzwasser, in den Cylinder hineinzulassen, oder dieselben davon abzuschließen.

§. 61.

Im Jahr 1764 erfand James Watt zu Glasgow in Schottland eine weit vollkommnere Dampfmaschine. Bei dieser Dampfmaschine war nämlich der elastische Wasserdampf in so fern in seiner größten Stärke benutzt, daß bei seiner Verdichtung ein möglichst luftleerer Raum erzeugt wurde. Wieder einige Jahre später brauchte Watt den luftleeren Raum gar nicht mehr, sondern bei seinen abermals verbesserten Dampfmaschinen mußte der Dampf den Kolben sowohl hinauf, als hinunter treiben. Diese doppelt wirkenden Maschinen, wie man sie nannte, bedurften natürlich schon deswegen einer viel geringern Feuerung, weil kein Wasser in den Cylinder spritzte, welches die Dämpfe alle Augenblick abkühlte.

Es ist merkwürdig, welche geringfügige Umstände oft zu wichtigen Erfindungen und Verbesserungen Anlaß geben. Bei

den ältesten Dampfmaschinen wurde das Spiel der Hahnen (§. 60.) durch Menschenhände geleitet. Unter andern war einst ein gescheuter Knabe, Potter, dabei angestellt. Dieser befestigte, um es sich bequemer zu machen, einen Strick so an die Griffe der Hahnen und an den Waagbaum, daß sie zu rechter Zeit geöffnet und geschlossen wurden. Harry Brighton von Newcastle wurde dadurch auf die eigentliche Steuerung (§. 60.) geleitet, die Matthew Washbroug im Jahr 1778 bedeutend (mittelst der Kurbel) verbesserte. Noch vollkommener richteten Boulton und Watt dieselbe Maschinerie ein. Sie erfanden dazu die sogenannten Sonnen- und Planetenräder.

§. 62.

Als die Bahn zur bessern Einrichtung der Dampfmaschinen einmal gebrochen war, da folgten auch viele ihre Vervollkommnung betreffende Erfindungen und Verbesserungen sehr rasch auf einander. Die Verbindung des Watt mit Boulton im Jahr 1774 hatte unter andern auch den Erfolg, daß bei den aus ihren Händen hervorgehenden Dampfmaschinen die Ersparniß an Brennmaterial wenigstens zwei Drittel in Vergleich mit den frühern Newcomenschen Maschinen betrug. Letztere hatten eine Kraft von 7 Pfund auf jeden Quadratzoll, die ersten Watt-Boultonschen aber von $10\frac{1}{2}$ Pfund. Hornblower, der ihnen um's Jahr 1781 zwei Cylinder gab, verbesserte sie bald so, daß auf den Quadratzoll eine Kraft von 16 Pfund statt fand. In beiden Cylindern mußte der Dampf nach einander auf zwei Kolben seine Wirkung thun. Woolfs Maschinen hatten eine ähnliche Einrichtung. Ventile, vornehmlich eigne Sicherheitsventile, Hahnen,

Kolben, Steuerung, Proberöhren mit den Probehahnen, Condensator zur Verdichtung der benutzten Dämpfe, sammt der Heißwasserpumpe zum Zurückführen des heiß gewordenen Wassers in den Kessel, ohne nöthig zu haben, diesen zu öffnen, u. dgl. wurden nach und nach ausnehmend verbessert.

In England waren Droz, Dearborn, Cooke, Cartwright, Hase, Woolf, Nancarrow, Luccok und Street diejenigen, welche zunächst mancherley neue Einrichtungen von Dampfmaschinen zum Vorschein brachten. Vornehmlich sind Woolfs Dampfmaschinen sehr berühmt geworden. Sein regulirendes Dampfventil war eine sehr wesentliche Vervollkommnung. Droz machte eine Maschine mit hölzernem Kessel, worin zwei eiserne standen. Eigne Regulatoren, aus metallenen Kugeln bestehend, die vermöge der Centrifugalkraft auseinander fliegen konnten, gaben der Maschine mehr Regelmäßigkeit. Und wenn des berühmten böhmischen Grafen Bucquoi, zu verschiedenem gemeinnützigem Gebrauch, vorgeschlagene hölzerne Dampfmaschine nicht die gehoffte Anwendung fand, so war daran nicht der geistvolle, unermüdet thätige Erfinder, sondern die Lauheit des Publikums schuld.

§. 63.

Bis dahin waren die Dampfmaschinen solche mit niedrigem Druck, d. h. die Kraft der Dämpfe ging bei ihnen nicht viel über den Druck der Atmosphäre hinaus (mit welchem Druck bekanntlich die Quecksilbersäule in dem langen Schenkel unseres Barometers baláncirt). Die Dampfmaschinen des Engländers Trevithick waren die ersten mit hohem Druck, d. h. solche, worin die Dämpfe eine Stärke

hatten, die dem Drucke von zwei, drei, vier und mehr Atmosphären gleich kam. Die Kessel dieser Maschinen wurden von dem stärksten Gußeisen gemacht; sprang daher ein solcher Kessel, so verbreitete er großes Unglück um sich her.

Des Humphrey Edwards Dampfmaschine, welche die Franzosen Lejeune und Billard noch verbesserten, war keine mit niedrigem Druck und keine mit ganz hohem Druck; sie stand in Hinsicht der Dampfkraft ohngefähr in der Mitte von beiden. Daher war sie bei ungemeiner Kraft doch nicht so gefährlich, als die mit ganz hohem Druck.

§. 64.

Mit der kräftigsten Dampfmaschine trat in der neuesten Zeit Perkins in London auf. Diese Dampfmaschine hatte eine Kraft von 35 bis 37 Atmosphären, und eine solche Einrichtung, daß der außerordentlich kräftige Dampf in demselben Augenblicke sich erst erzeugte, wo er zur Bewegung der Maschine (um einen Kolbenschlag hervorzubringen) wirken sollte. Mehrere Sicherheitsvorrichtungen, z. B. ein dünner kupferner Sicherheitssack, sollen vor jeder Gefahr des Zerspringens sichern.

Der Engländer Clark hat auch Dampfmaschinen mit hohem Druck ohne Kessel erfunden. Die Stelle des Kessels ersetzt nämlich ein System von Röhren, welche eine viel größere Sicherheit, als der Kessel gewähren. Hall, Haliburton, Penneck, Brunton, Alban, Evans, Badcock, Valcoür, Saulnier und de Montgery gehören noch unter die neuesten Verbesserer der Dampfmaschinen.

Bei jeder Dampfmaschine kann zwar die geradlinichte Bewegung der Kolbenstange und des mit ihr verbundenen Ge-

stänges mittelst der Kurbel in eine drehende (kreisförmige) Bewegung verwandelt werden. Der Engländer Clegg erfand aber vor mehreren Jahren eine sich selbst drehende Dampfmaschine, ohne jene Stangen- und Kurbelbewegung. Auch Morey und Bainbridge brachten dergleichen zum Vorschein.

§. 65.

Die erste Anwendung, welche man von den Dampfmaschinen machte, war freilich die zum Treiben von Wasserpumpen in Bergwerken; und dazu hatte man oft gar riesenhafte Dampfmaschinen. Es kam aber auch die Zeit, wo man sich ihrer zu andern Zwecken gleichfalls bediente. So legte man vor beinahe dreißig Jahren erst zu London und dann auch zu Paris Getraidemühlen mit vielen Gängen an, welche durch Dampfmaschinen in Thätigkeit gesetzt wurden. Später benutzte man sie auch zum Treiben von Lohmühlen, Oehlmühlen, Pulvermühlen, Papiermühlen, Walkmühlen, Pochwerken und andern Stampf- und Hammerwerken, zum Treiben der Blasebälge und anderer Gebläsemaschinen auf Schmelzhütten, als bewegende Kraft von Sägemühlen, Bohrmühlen, Schleifmühlen, Krempel-, Spinn- und Scheermaschinen, von Prägemaschinen, Druckmaschinen ꝛc.

Die merkwürdigste Anwendung, die man von den Dampfmaschinen macht, ist wohl diejenige zum Treiben der Schiffe, selbst gegen Wind und Strom, indem man sie so mit Schaufel- oder Ruderrädern eines Fahrzeuges verband, daß sie, durch gehörige Umdrehung dieser Räder, das Schiff selbst, und zwar sehr kräftig und schnell, fortbewegen mußten. Zwar hatte schon der Schottländer Clarke im Jahr 1791 ein kleines Schiff gezeigt, welches sich auf dem Clyde-

flusse fortbewegte; die wahren Dampfschiffe aber kamen doch erst in Nordamerika zu Stande. Hatte man daselbst auch schon im Jahr 1798 die Einführung von Dampfschiffen beschlossen, so verflossen doch wieder einige Jahre, ehe dieser Plan wirklich im Großen ausgeführt wurde. Das erste Schiff von dieser Art machte Fulton. Es beschiffte zum erstenmal den Hudsonsfluß im Jahr 1807. Seine Länge war 140 Fuß, seine Breite 16½ Fuß. Es trug 3200 Centner. Nach wenigen Jahren hatte Fulton schon fünfzehn Dampfschiffe von verschiedener Form und Größe gebaut, und diese Zahl wurde in der Folge noch bedeutend vermehrt. Großbrittannien erhielt sein erstes Dampfschiff im Jahr 1812. Wie allgemein die Dampfschiffe bald in England, Schottland, Irland und in Frankreich wurden, und wie häufig sie seit acht oder zehn Jahren auch in Deutschland, z. B. auf dem Bodensee, auf der Elbe, auf dem Rhein, auf der Donau 2c. eingeführt wurden, ist gewiß Jedem in ganz frischem Andenken. Verbessert wurden sie in den letzten Jahren unter andern von Gordon, Rithie, Gladstone, Church und Buchanan.

§. 66.

Nach einer solchen Anwendung der Dampfmaschinen war es wohl nicht zu verwundern, daß man sich ihrer auch zum Fortbewegen von Wagen, gleichsam als Dampfwagen oder Dampfpferd zu bedienen suchte. Dies war vor mehreren Jahren in England zuerst der Fall bei der Stadt Leeds, indem der Wagen durch die darauf befindliche Dampfmaschine, mittelst einiger gezahnter Räder, an der gezahnten Seite einer Eisenbahn schnell hingeführt wurde. An einen solchen Dampfwagen wurden mehrere andere Wagen gehängt, die

sich mit jenem gleichfalls und eben so schnell fortbewegten. Bald wurden in England mehrere solcher Dampfwagen auf gleiche Weise angelegt; auch in einigen andern Ländern, z. B. in Schlesien, wurden sie nachgeahmt.

Aber nicht blos für den Gebrauch auf Eisenbahnen allein blieben die Dampfwagen eingeschränkt, sondern man suchte sie in der neuesten Zeit auch, zuerst nach dem Vorschlage des Griffith, auf Landstraßen zur Forbewegung von Kutschen, z. B. von Postwagen, anwendbar zu machen. Man hatte da freilich, besonders was Ungleichheit und Rauhheit der Wege, Berge ꝛc. betraf, mit vielen Schwierigkeiten zu kämpfen. Doch scheinen die Engländer seit ein Paar Jahren auch diese überwunden zu haben, weil jetzt in England wirklich Post-Dampfkutschen im Gange sich befinden sollen. Die Dampfwagen überhaupt hielt man seit ihrer Einführung für sehr gefährlich, weil die dabei angewandten Dampfmaschinen solche mit hohem Druck (§. 63.) seyn mußten. Denn die ganze Vorrichtung mußte, wegen Ersparniß des Raumes, so kompendiös wie möglich eingerichtet seyn. Griffith, M'Curdy, Murray und Stephenson haben sich besonders die Verbesserung der Dampfwagen angelegen seyn lassen.

§. 67.

Es war bei dem Bau und der Einrichtung der Dampfmaschinen von wesentlichem Nutzen, daß mehrere Naturforscher, wie Betancourt, Schmidt, Watt, Dalton, Bikker, Rouppe, Woolf, Prony, Robinson, Taylor, Southern, Ure, Christian u. a. gründliche Untersuchungen über die Kraft der Wasserdämpfe angestellt hatten. Diese Männer fanden unter andern, durch sogenannte

Dampfbarometer und andere Vorrichtungen, daß die Dämpfe von 80 Grad Reaumür Wärme dieselbe Kraft wie der Druck unserer Atmosphäre besitzen, daß aber mit dem Wachsthum der Hitze die Kraft der Dämpfe wächst, und zwar nicht gleichförmig, sondern sehr schnell beschleunigend. — So ließ sich denn an die bisher bekannten Theile der angewandten Mathematik allerdings ein neuer Theil, die Atmometrie, anschließen.

Für Praktiker fand man es bald nach Einführung der Dampfmaschinen besonders nützlich, die mechanische Gewalt derselben nach Pferdeskräften anzugeben; und diese Gewohnheit hat man auch bis jetzt noch beibehalten. Dieser Sprachgebrauch entstand deswegen, weil man die Dampfmaschinen zu irgend einer Arbeit meistens an die Stelle der bisherigen Pferde setzte. In der That wurde es dadurch dem Besitzer oder Käufer einer Dampfmaschine auch bequem gemacht, eine Vergleichung ihres Effekts anzustellen.

§. 68.

Unter die ruhmwürdigsten Bestrebungen mehrerer Mechaniker und Physiker der neuesten Zeit gehören endlich diejenigen, die Dampfmaschinen möglichst gefahrlos zu machen. Man fand, daß es hierbei vorzüglich auf gute Kessel, gute Sicherheitsventile und auf eine genaue sorgfältige Aufsicht ankam. Die Akademie der Wissenschaften zu Paris ernannte vor einigen Jahren einen eignen Ausschuß, welcher über die bei Dampfmaschinen vorkommenden Gefahren genaue Untersuchungen anstellen mußte. Dieser Ausschuß bestätigte unter andern, wenigstens in der Regel, die Gefahrlosigkeit, selbst der Dampfmaschinen mit hohem Druck, unter jenen

Voraussetzungen. Den Kesseln aus geschlagenem Eisen mußte man vor den gußeisernen den Vorzug geben, weil jene mehr zerreißen, als zerspringen, folglich bei ihnen kein Umherschleudern von Stücken statt findet.

Lange Zeit fehlte den Dampfmaschinen-Fabrikanten noch ein Mittel, die Stärke der Kessel zu prüfen. Ein solches Mittel ist in der neuesten Zeit gleichfalls, nämlich in der hydrostatischen oder hydrodynamischen Presse (§. 86.) aufgefunden worden.

§. 69.

Eine der neuesten Erfindungen, die merkwürdig ist, aber gleichsam noch in der Kindheit liegt, ist die von dem Engländer Brown erfundene Vacuum-Maschine oder Gasmaschine. So wie bei den ältern Dampfmaschinen durch Zersetzung oder Niederschlagung von Dampf ein luftleerer Raum entsteht, so wird bei der Gasmaschine ein solcher Raum durch das Verbrennen von brennbarem Gas (Wasserstoffgas) gebildet. Dieses Gas wird auf ähnliche Art aus Steinkohlen, Oehl u. dgl. wie bei der Gasbeleuchtung entwickelt, in einem Gasbehälter gesammlet und durch Röhren in einen Cylinder geführt, worin ein Kolben auf und nieder spielen soll. In dem Cylinder wird es durch einen hineinstreichenden brennenden Gasstrom entzündet und treibt während seines Verbrennens einen bedeutenden Theil atmosphärische Luft heraus. Das Verbrennen erzeugt in dem Cylinder einen luftleeren Raum, der sich bis zu einer eignen mit einem Wasserbehälter communicirenden Kammer hin erstreckt. Die Atmosphäre drückt dann auf das Wasser und treibt es, mit

Beihülfe von Ventilen, auf ein oberschlächtiges Rad, welches dadurch in gehörigen Umlauf kommt.

Der Erfinder glaubt, er werde mit seiner Maschine noch einmal die Dampfmaschinen verdrängen, weil sie bequemer, weniger kostspielig, weniger gefahrlos u. dlg. wäre. Wirklich hat der Amerikaner Stapel auch schon Luftboote statt Dampfboote auf dem Wasser, freilich noch mit keinem Erfolg, einzuführen gesucht.

§. 70.

Vitruv giebt den Ctesibius als Erfinder der Druckwerke oder Druckpumpen an (§. 51.). Nicht blos zum kräftigen Emportreiben des Wassers überhaupt, sondern auch zum Feuerlöschen insbesondere hatte Ctesibius solche Druckwerke vorgeschlagen. Eine wirkliche Feuerspritze aber, und zwar die sogenannte Stoßspritze, welche das Wasser stoß- oder absatzweise in die Höhe wirft, brachte Hero, der Schüler des Ctesibius, zum Vorschein. Damals gab man den Feuerspritzen den allgemeinen Namen Siphones, wie man aus dem Plinius sieht.

Sehr selten waren damals die Feuerspritzen allerdings und blieben es auch noch mehrere Jahrhunderte hindurch; selbst im vierten christlichen Jahrhundert noch, wo Hesychius nnd im siebten Jahrhundert, wo Isidor von Feuerspritzen redet. Diejenigen Feuerspritzen, welche man zu Ulpian's Zeiten in Rom hatte, waren nur klein und sehr unvollkommen. Dies blieben die Feuerspritzen überhaupt bis in die neuern Zeiten.

§. 71.

Deutschland scheint seine Feuerspritzen, wenigstens seine

größern fahrbaren, erst im funfzehnten Jahrhundert erhalten zu haben. Denn Frankfurt am Main erhielt die erste im Jahr 1460; und selbst andere wichtige Städte, wie Nürnberg und Dresden, erhielten sie später. Im sechszehnten Jahrhundert war zu Nürnberg der Spritzenmacher Johann Hautsch berühmt. Dieser gab den Spritzen schon ein, mittelst des sogenannten Schwanenhalses, nach allen Richtungen hin bewegliches Standrohr. Den Schlauch oder die Schlange aber erfanden die beiden Holländer van der Heide zu Amsterdam im Jahr 1672. Sie nannten deswegen ihre Feuerspritzen Schlangenpumpen. Diese Schläuche, aus Segeltuch, waren mit einem schicklichen Kitte wasserdicht gemacht. Später machte man sie von Leder. Die hänfenen Schläuche ohne Naht aber brachte zuerst der Posamentirer Beck in Leipzig um's Jahr 1720 zum Vorschein.

§. 72.

Noch fehlte den Feuerspritzen, um sie zu recht wirksamen Maschinen zu machen, der Windkessel oder Luftkessel. Denn in diesen Kessel (ein luftdichtes kupfernes, oben gewölbtes Behältniß) wird das Wasser aus den Stiefeln hineingepumpt, wodurch die Luft des Kessels nach der Wölbung zu in einen immer engern und engern Raum gebracht, folglich immer mehr verdichtet wird. Sie bestrebt sich, vermöge ihrer Elasticität, wieder auszubreiten, kann aber nicht, sondern vermöge dieses Bestrebens nur drücken, z. B. auf das unter ihr befindliche Wasser. Ist daher mit dem Boden des Kessels, wo dieses Wasser sich befindet, eine Röhre oder ein Schlauch verbunden, so muß jener Druck der Luft das Wasser zu diesem

Schlauche herausstreiben, und zwar in einem ununterbrochenen Strahle, der immer von gleicher Stärke bleibt, wenn die Luft des Kessels durch fortdauerndes Pumpen in einem gleich verdichteten Zustande erhalten wird.

Die älteste Windkessel-Spritze hat Perrault im Jahr 168+ beschrieben. Daher kann man wohl annehmen, daß solche Spritzen erst nach der Mitte des siebzehnten Jahrhunderts erfunden wurden. Obgleich durch Leupolds Bemühungen zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts diese Feuerspritzen bekannter wurden, so ist doch noch über die Hälfte desselben Jahrhunderts darauf hingegangen, ehe sie die alten Stoßspritzen ziemlich allgemein verdrängten. — Die Zubringer oder Anbringer für die Spritzen (gewöhnlich eine Art sehr einfacher Saugpumpen), womit man diese oft leicht und bequem mit dem benöthigten Wasser versehen kann, sind von den schon erwähnten Holländern van der Heide erfunden worden.

§. 73.

Selbst die ersten Windkessel-Spritzen waren noch immer übermäßig schwere Maschinen, sie mochten nun fahrbare Spritzen oder auch größere und kleinere tragbare seyn. In manchen einzelnen Theilen konnten sie noch verbessert werden, theils um sie zu einem leichtern bequemern Transport geschickt zu machen, theils um der bewegenden Kraft (den daran arbeitenden Menschen) Erleichterung zu verschaffen, theils um ihren Effekt zu vergrößern.

Schon der berühmte französische Hydrauliker Belidor trug vor der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts nicht wenig zu dieser Verbesserung bei. Dasselbe thaten nach der Mitte desselben Jahr-

hunderts Karsten, Klügel, Neubert, Kampe, Hesse, Helfenzrieder, Silberschlag, und gegen Ende desselben Jahrhunderts Kersting, Kosmann, Busse u. a. Die Engländer Newsham und Rowntree vervollkommneten die Feuerspritzen in der neuesten Zeit ausnehmend, sowohl was ihre Kraft, als bequemere Bewegungsart betrifft; und besonders sind in den letzten Jahren auch ungemein zweckmäßige und einfache Hausspritzen (Handfeuerspritzen) zum Vorschein gekommen. Die schon im Jahr 1792 von Löscher in Freyberg erfundene Trichterspritze ist in keinen Gebrauch gekommen.

§. 74.

Springbrunnen oder Fontainen sind sehr artige hydraulische Veranstaltungen, Wasser aus Oeffnungen von Röhren in einem oft sehr hohen Strahle gewaltsam herauszutreiben, entweder blos durch den eignen Druck einer hohen Wassersäule (§. 56.), oder durch ein besonderes Druckwerk (§. 51.), oder durch Verdichtung, auch wohl durch Verdünnung von Luft.

Schon in alten Zeiten gab es solche Springbrunnen, zur Lust in Städten, in Gärten rc. Aber theoretische Untersuchungen und mancherley Experimente, welche vornehmlich darauf abzweckten, den Strahl möglichst hoch zu bringen, sind erst in neuern Zeiten angestellt worden. Vornehmlich hat sich hierin der Franzose Mariotte ausgezeichnet. Aber auch s'Gravesande, Desaguliers, Bossût und Langsdorf haben darüber recht schöne Erfahrungen gesammelt. So weiß man nun daraus z. B., daß der Strahl auf die größte Höhe kommt, wenn die Aufsatzröhre nicht, wie ge-

wöhnlich, konisch ausgehöhlt ist, sondern bis an ihre Mündung gleiche Weite behält, wie die Sprungröhre sie hat, und wenn auf der Mündung blos eine Platte mit einer Oeffnung sich befindet, die sich zur Weite der Röhre wie 1 zu 6 verhält. — Springbrunnen mit allerley Verzierungen beschrieb übrigens schon Böckler im Jahr 1664; Sturm im Jahr 1718; der Engländer Switzer im Jahr 1729.

§. 75.

Es giebt Maschinen, welche einen Wind erregen, und zwar für zweyerley Zwecke: entweder, um in Gruben (Bergwerken) frische Luft hineinzuschaffen und verdorbene Luft herauszuschaffen, wie die sogenannten Wettermaschinen; oder um das Feuer eines großen Schmelzofens anzufachen, wie die sogenannten Balgmaschinen, Gebläsemaschinen. Die bessern Arten der Wettermaschinen sind erst im achtzehnten Jahrhundert erfunden worden, z. B. der Wetterkasten oder Windkasten (eine blasebalgartige Vorrichtung) im Jahr 1721 von dem Maschinen-Director Bartels zu Clausthal; der Wettersatz (eine Art Saugwerk) im Jahr 1734 von Schwarzkopf zu Clausthal; u. s. w.

Die ledernen Blasebälge waren schon den Griechen bekannt. Auch die größern derselben zum Hütten-Betrieb wurden bis zu Anfange des vierzehnten Jahrhunderts von Menschenhänden in Bewegung gesetzt. Nun erst fing man an, Wasserräder, oberschlächtige und unterschlächtige, dazu anzuwenden. Zwei Bälge legte man gewöhnlich neben einander, wovon der eine zu derselben Zeit Luft schöpfte, wo der andere das Blasen oder Hinausdrücken der vorher geschöpften Luft verrichtete; und diese Blasebälge wurden entweder mit-

telst einer mit der Wasserrads-Welle in Verbindung gebrachten Kurbel und Kette, oder mittelst der auf der Wasserrads-Welle befindlichen Däumlinge in Thätigkeit gesetzt.

§. 76.

Da die ledernen Bälge nicht dauerhaft und besonders dem Zerreißen leicht ausgesetzt waren; da sie eben deswegen einer sorgfältigen Wartung und eines beständigen Einfettens bedurften, so erfand man schon vor der Mitte des sechszehnten Jahrhunderts die hölzernen Bälge, Kastengebläse oder Schachtelgebläse. Den letztern Namen erhielten sie, weil sie wirklich mit Schachteln einige Aehnlichkeit haben, indem über den Rand des Untertheils ein Deckel, mittelst der gewöhnlichen Maschinerie, sich auf und nieder bewegen läßt. Hans Lobsinger in Nürnberg verfertigte solche Blasebälge schon vor der Mitte des sechszehnten Jahrhunderts; doch scheinen sie erst zu Anfange des siebzehnten bekannter geworden zu seyn, Auf dem Harz wurden sie im Jahr 1620 eingeführt; am Ende desselben Jahrhunderts kamen sie erst nach Frankreich. England lernte sie noch später kennen.

Eben so, wie man bei den Stampf- und Hammerwerken die Epicycloide als beste Gestalt für die Däumlinge anwandte, so geschah dies auch bei denjenigen Balgwerken, wo Däumlinge den Deckel der Blasebälge niederdrücken mußten, damit gleich hinterher das Gegengewicht eines Hebels ihn wieder in die Höhe heben konnte. Besonders den Schweden, wie Polhem, Rinman, Elvius, Holmgren, Harleman, verdanken wir interessante mechanische Untersuchungen hierüber.

§. 77.

Einen ganz gleichförmigen Luftstrom, wie er doch zu einer ganz vorzüglichen Wirkung eines Gebläses nothwendig wäre, bewirkten selbst die besten Blasebälge noch nicht; immer bließ er noch absatzweise in's Feuer. Durch die herrlichen englischen Cylindergebläse wurde dieser Unvollkommenheit abgeholfen. Diese in der letzten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts in England erfundenen und daselbst in mehreren Schmelzhütten bald eingeführten Gebläse hatten eine ähnliche Einrichtung, wie die Wasserdruckwerke mit Windkessel. Durch einen großen, etwa von einem Wasserrade auf und nieder getriebenen Waagbaum wurden Kolben in großen eisernen Cylindern in Thätigkeit gesetzt, um Luft darin aufzunehmen und in eine Art Windkessel (Wind- oder Luftbehälter) zu pressen. Hier wurde die Luft durch eigne Vorrichtungen bis zu einem gewissen Grade verdichtet, damit sie durch eigne Röhren ins Feuer strömen und ununterbrochen blasen konnte.

Frankreich erkannte auch bald den großen Nutzen dieses Gebläses; schon vor etlichen vierzig Jahren führte es dasselbe in mehreren seiner Hütten ein. Durch des berühmten baierschen Mechanikers Joseph von Baader's Bemühungen, der zugleich eine scharfsinnige Theorie des englischen Cylindergebläses lieferte, wurde es zwar auch in Deutschland frühzeitig bekannt; weil man aber damals auf den deutschen Hütten die großen eisernen Cylinder noch nicht so, wie in England verfertigen konnte, so verstrichen noch viele Jahre bis zur Einführung dieses Gebläses. Erst in der neuesten Zeit ist es auf mehreren der angesehensten deutschen Hütten geschehen.

§. 78.

Hydrostatische Gebläse, Wassergebläse, bei denen zum Herbeiführen und Fortdrücken der Luft auch Wasser mit thätig seyn muß, hatte man, wie aus Mariottes, im Jahr 1686 gedruckter Abhandlung über die Bewegung des Wassers zu ersehen ist, im siebzehnten Jahrhundert schon. Nach der Behauptung des Franzosen Grignon wären diese Gebläse ums Jahr 1640 in Italien erfunden worden. Die schon in früherer Zeit als Wettermaschine bekannte Wassertrommel (worin, durch den Fall von Wasser aus einem Trichter, Luft verdichtet wird) wurde vor beinahe sechszig Jahren von den Franzosen als Blasemaschine auf Hütten angewendet. Zu demselben Zweck hatte sie aber auch schon in Deutschland und in Schweden gedient.

Ein weit vorzüglicheres hydrostatisches Gebläse, das zugleich einfach und nicht kostspielig war, erfand Joseph v. Baader in München vor etlichen dreissig Jahren. In einem großen, mit Wasser gefüllten cylindrischen Gefäße (einem großen Fasse) ließ sich ein zweites etwas kleineres, aber umgekehrtes Gefäß, gleichsam als Kolben auf und nieder bewegen, um zwischen dasselbe und die Wasser-Oberfläche, vermöge eigner mit Klappen versehenen Röhren, Luft zu bringen, welche jedesmal beim Herabsinken desselben Gefäßes durch eine eigne Röhre entweder sogleich in den Ofen geblasen oder vorher erst, um den Luftstrom ununterbrochen zu machen, in ein eignes Luft-Verdichtungsgefäß gebracht wurde. In mehreren Hütten wurde dieses Gebläse bald mit Nutzen eingeführt. — Hiemke, Hornblower u. a. schlugen ebenfalls eigne Arten von Wassergebläsen vor. Newmans

Knallgasgebläse ist besonders zu physikalischen und chemischen Versuchen berühmt geworden.

§. 79.

Die Fuhrwerke, besonders die Räderfuhrwerke, gehören ohnstreitig unter die allernützlichsten Maschinen, welche es giebt. Wie übel würde es in mancher Hinsicht mit uns aussehen, wenn es keine Frachtwagen, keine Bauer- oder Ackerwagen, keine Chaisen odee Reisewagen u. dgl. gäbe! Sehr alt ist der Gebrauch der Räderfuhrwerke allerdings. Die Erfindung derselben schrieben die Griechen den Göttern zu, z. B. Homer der Minerva. Ovid gab den Vulkan als Erfinder an.

Im alten Aegypten waren die Fuhrwerke nicht unbekannt mehr; und daß die alten Israeliten schon Wagen hatten, selbst bedeckte Wagen oder Staatswagen, liest man ja in mehreren Stellen des alten Testaments. In den Kriegen der Alten kamen die Streitwagen vor. Die Staatswagen der Alten, ähnlich den noch jetzt in Indien und China üblichen, hatten eine Decke, eine Rücklehne und konnten durch Vorhänge, die oft prachtvoll waren, nach Belieben verschlossen werden. Diese Art Wagen gaben ohnstreitig zur Erfindung der Kutschen Veranlassung, welche, im sechszehnten Jahrhundert in dem ungarischen Dorfe Kotsee (jetzt Kitsee) zuerst ans Licht gebracht, in Deutschland Gutschi-Wagen, woraus später Kutsche entstand, genannt wurden. Vor dem fünfzehnten Jahrhundert hielt man es in Deutschland nur für Frauenzimmer schicklich, im bedeckten Wagen überhaupt zu fahren; bald bedienten sich aber auch Kaiser, Könige und Fürsten derselben, die auswen-

dig und inwendig oft schön ausgeschmückt waren. Erst im siebzehnten Jahrhundert wurden sie nach und nach allgemeiner. Postwagen und Miethkutschen gebrauchte man von der Mitte des siebzehnten Jahrhunderts an, erst in Frankreich, dann in Deutschland und andern Ländern. Um dieselbe Zeit hatte der brandenburgische Obrist von Chieze, ein geborner Piemonteser, die sogenannten Berlinen erfunden. Auch kamen in Deutschland die Wurstwagen zum Vorschein. Leichte Chaisen, (z. B. Wiener und Böhmische Chaisen) Phaetons, Kabriolets, Jagdwagen, Trotschken u. dgl. wurden nach und nach von mancherlei Form erfunden. Was hierin besonders in der neuesten Zeit gethan wurde, ist ja bekannt genug. Noch vor fünfzig, sechzig Jahren waren die Chaisen, Reisewagen ꝛc. ziemlich schwerfällige Maschinen; jetzt sind sie viel einfacher, zierlicher, auch prunkloser und überhaupt zweckmäßiger.

§. 80.

Im achtzehnten Jahrhundert hatte man erst angefangen, die Fuhrwerke von der eigentlich mechanischen Seite zu betrachten, und Grundsätze aufzufinden, durch deren Anwendung jedes Fuhrwerk dauerhafter, bequemer und leichter zu bewegen war. Der Franzose Camus war einer der ersten, welcher im Jahr 1724 solche Grundsätze aufstellte. Ihm folgten le Large, Girard, d'Hermand, Ressin, Godefroy, Gourney, du Quet, Maillard, le Lievre, Brethon, Reynal, Brodier, Chenonceaux, Düpin, Ellis, Cusset u. a. Unter den Deutschen erwarben sich später Nicolaus Mönnich, Kröneke, Schlichtegroll, Joseph von Baader u. a.

manche Verdienste um die Theorie und bessere Einrichtung der Fuhrwerke. Unter den Engländern zeichneten sich hierin vornehmlich Edgeworth, Cumming, Reddel, Anstice und Rumford aus.

Zu den Verbesserungen der Wagen überhaupt gehörte zuvörderst eine genauere gründlichere Construction der Räder. Man konnte leicht beweisen, daß höhere Räder für die Kraft vortheilhafter waren, als niedrige. In England führte man zuerst, und zwar für schwere Fuhrwerke, die breiten Felgen ein, welche nicht in die Straßen einschneiden konnten, welche leicher über Löcher und Unebenheiten hinrollten, und gleichsam als Walze die Straßen verbesserten, statt sie, wie die schmalen Räder, zu verderben. In Frankreich ahmte man diese Methode bald nach; in Deutschland führte man sie auch hin und wieder, aber lange nicht so allgemein ein, als sie es verdiente. Der berühmte Britte in München, Graf Rumford, schlug sie auch für Chaisen und Reisewagen, sogar für sogenannte Luxuswagen vor, wo sie allerdings in den meisten Fällen ebenfalls sehr zur Erleichterung der Pferde dienen würden.

§. 81.

Bei Chaisen und Reisewagen kamen schon seit geraumer Zeit eiserne Achsen vor, die in messingenen Büchsen liefen. Die damascirten Achsen aber, welche aus innig zusammengeschweißten Eisen- und Stahlstangen bestehen und selbst bei einer größern Dünne von ungemeiner Dauerhaftigkeit sind, wurden erst seit wenigen Jahren von den Engländern vorgeschlagen. Lankensberger in München erfand in der neuesten Zeit bewegliche Achsen, d. h. solche, die

mit einem Gewinde und zwar so versehen waren, daß der Wagen überall leicht wenden konnte. Indessen war doch bei dieser sinnreichen Einrichtung noch manches auszusetzen. Bei dem neuen Wagen des Bauer in London berührten sich dünne eiserne Axe und messingene Büchse in der Nabe nicht an allen Stellen, sondern wegen gemachter Höhlungen nur da, wo sie am stärksten waren. Die Reibung wurde hierdurch verringert und jene Höhlungen dienten zugleich nützlich als Schmierbehälter. Wagen mit gebogenen Radfelgen aus einem Stücke, welche sehr dauerhaft seyn mußten, richtete seit einigen Jahren der preußische Obrist Neander ein. Sinnreiche Vorrichtungen, das Abfliegen der Räder von der Achse zu verhüten, erfand unter andern der Engländer Padbury; Reserve- oder Sicherheitsräder gegen das Umfallen der Wagen bei dem Abfliegen oder Zerbrechen des Rades, beim Brechen der Achse ꝛc. sowie Vorrichtungen überhaupt, das Umwerfen der Wagen zu verhüten, schlugen die Engländer Cook, Milton, Heycock und Wilkinson vor.

§. 82.

Stahlfedern zwischen dem Kasten und Gestelle der Chaisen, Reisewagen ꝛc. mußten schon längst das Fortpflanzen der Stöße verhüten, die auf unebenen Wegen das Gestelle erlitt. Es war leicht einzusehen, daß eine solche Auflösung und Vernichtung der Stöße durch elastische Theile auch auf die Zugthiere sehr vortheilhaft seyn und diesen einen leichtern Zug verschaffen mußte. Deswegen wandte der Engländer Edgeworth ähnliche elastische (wenn auch nicht stählerne) Theile auch bei gemeinen Wagen und Karren an. Er nahm

dazu hölzerne elastische Schwungbäume, die er oben mit den Achsen des Fuhrwerks verband. Es zeigte sich wirklich, daß bei so eingerichteten Fuhrwerken eine bedeutende Kraft gespart wurde.

Die gewöhnlichen Stahlfedern an Chaisen und Reisewagen haben die Form eines lateinischen C. Vor ohngefähr zwanzig Jahren aber kamen in England die elliptischen Federn zum Vorschein, worauf der Kasten ruhte. Eine solche Feder besteht aus zwei halben elliptischen Bögen, die durch Scharniere mit einander vereinigt sind. Auf der flachen Wölbung der liegenden Ellipse spielte der Kasten recht sanft auf und nieder. Herr von Reichenbach in München schlug ganz kreisförmige Federn (Ringfedern) vor, deren zwei immer zusammengehörten. Man hatte aber bei diesen Federn hauptsächlich das auszusetzen, daß, wenn sie brachen, sie nicht so leicht, wie die gewöhnlichen Federn, wieder hergestellt werden konnten. Die noch vor Kurzem vorgeschlagenen spiralförmigen Federn (Springfedern) möchten wohl schon deswegen am zweckmäßigsten seyn, weil, wenn sie auch an einer Stelle brechen, doch die übrigen Gänge noch ihre Dienste thun.

§. 83.

Selbst auf Schiebkarren und ähnliche gemeinere Fuhrwerke erstreckten sich manche Verbesserungen, die von mechanischen Theorien herrührten. Die vor ohngefähr fünfzehn Jahren von dem Herrn von Drais in Mannheim erfundenen zweirädrigen Laufmaschinen (Draisinen) sind jetzt wieder ziemlich in Vergessenheit gekommen; und die mancherley mechanischen Vorrichtungen, welche die Gefahr beim Durchge-

hen der Pferde verhüten sollten, werden noch immer wenig beachtet.

Die Eisenbahnen mit den darauf gehenden Fuhrwerken finden dagegen in der neuesten Zeit desto mehr Aufmerksamkeit. Der Erfinder derselben war im Jahr 1768 der Engländer Edgeworth; und ihre Einrichtung gründete sich auf den richtigen Satz: daß jeder Wagen mit desto geringerer Kraft forbewegt werden kann, je ebener, härter und glatter der Weg ist, worauf die Räder rollen. Jede Eisenbahn besteht aus parallelen, genau an einander gefügten, glatten Eisenschienen (früher hatte man bisweilen hölzerne genommen), welche von Strecke zu Strecke steinerne Unterlagen und auf den von den Rädern des Wagens berührten Flächen eine den Felgen der Räder gemäße Gestalt haben. Diese Gestalt, sowie die Form der Radfelgen, hat zugleich eine Beschaffenheit, daß der Wagen nicht von der Bahn ausweichen kann. In dieser Hinsicht erfand man zwei Hauptarten von Eisenbahnen, welche die Engländer Railroads und Tramroads nennen. Jene sind auf der obern und innern Kante vollkommen glatt, und die darauf gehenden Wagen haben an der inwendigen Seite der Radfelge eine Falze, mittelst welcher der Wagen auf der Bahn erhalten wird; bei den Tramroads hingegen hat die Bahn auf der äußern Seite eine emporstehende Kante und die Felgen der Räder sind auf die gewöhnliche Art eingerichtet. Indessen giebt es noch andere Einrichtungen, z. B. die ovale Bahn des Wyat. Auch haben außerdem die Engländer Perkins, Scott, James und Cayley, sowie die Deutschen Palmer und von Baader die Eisenbahnen zu verbessern gesucht, letztere beiden

Männer nach der Zeit, als man angefangen hatte, sie auch in Deutschland einzuführen. Palmers Eisenbahn besteht aus einer Gleise.

§. 84.

Man hat die Eisenbahnen bis jetzt hauptsächlich, besonders in England, zum Transportiren von Steinkohlen, Eisensteinen, Eisen, Kalk, Bausteinen u. dgl. angewendet. Gewöhnlich laufen zwei etwas schräg gehende Bahnen neben einander; auf der einen werden mehrere an einander gehängte beladene Wagen von einem Pferde (auch wohl von einer Dampfmaschine, §. 66.) mit der größten Leichtigkeit hinuntergezogen; auf der andern werden die leeren Wagen wieder hinaufgezogen. So zieht ein Pferd auf zwölf bis vierzehn an einander gehängten Wagen wohl 400 bis 800 Centner.

Herr von Baader hat für die Eisenbahnen Erfindungen gemacht, welche dem ersten englischen Mechaniker zur größten Ehre gereichen würden. Diese Erfindungen sollen selbst für die schwersten Fuhrwerke auf Landstraßen anwendbar seyn, es mag gerade aus, oder bergauf oder bergab gehen. — Aehnliche mechanische Vorrichtungen kamen bei den berühmten schiffbaren Kanälen des Herzogs von Bridgewater in England vor.

§. 85.

Die Erfindung der Schrauben-Pressen hat wohl mit der Erfindung der Schrauben selbst gleiches Alter. Aber wie vielfältig ist die Anwendung solcher Pressen erst in der spätern Zeit geworden, z. B. zu Packpressen, zu Papierpressen, Buchdruckerpressen, Münzpressen u. s. w. Cylinderpressen (Walzenpressen), entweder solche, wo ein

schwerer steinerner oder metallener Cylinder auf einer Ebene herum= oder hin= und herrollt und die unter ihm liegende Materie preßt, oder solche, wo ein Paar schwere Cylinder nahe über einander oder neben einander liegen und den zwischen sie gebrachten Körper pressen, sind wohl nicht so alt, wie die Schraubenpressen; und die mannigfaltige Anwendung derselben zum Zerquetschen, zum Ausdrücken von allerley Körpern, zum Plattdrücken von Metallen, zum Bedrucken von Zeugen und Papier, zum Glätten rc. verdanken wir erst der neuern Zeit. Zu welchem merkwürdigen Gebrauch die Cylinderpressen Anlaß gegeben haben, zeigen ohnedies die König=Bauerschen Buchdruckerpressen, welche man Schnellpressen zu nennen pflegt. Auch die Engländer Bacon und Duncan haben ähnliche Pressen vorgeschlagen. Bei den Maschinen zur Fabrikation des endlosen Papiers machen Walzen gleichfalls die Haupttheile aus. Keilpressen haben ohngefähr das Alter unserer Oehlmühlen. Erfindungen aus der neuesten Zeit aber sind die hydrostatischen Pressen, die Luftpressen und die Dampfpressen. Die nützlichsten unter diesen neuen Pressen sind die hydrostatischen.

§. 86.

Die Wirkung der hydrostatischen Presse rührt von einer in einer langen Röhre befindlichen hohen Wassersäule her, die, wie bei der Wassersäulenmaschine (§. 56.), auf einen großen Kolben wirkt und diesen gewaltsam in die Höhe treibt. Die Kolbenstange enthält eine starke eiserne Preßplatte und über dieser ist ein fester mit dem starken Gerüst der Maschine verbundener Riegel, zwischen welchem und

jener Platte die Sachen gepreßt werden. Der Engländer Bramah hat solche Pressen vor ein Paar Dutzend Jahren zuerst erfunden, und der Engländer Murray hat sie mittelst gezahnter Stangen und Stirnräder so eingerichtet, daß, wenn die Kolbenstange mit ihrer Platte hinaufgetrieben wird, der obere Riegel zugleich hinunter ihr entgegen rückt. Da nun die Wirkung der Presse desto größer ausfällt, je höher die drückende Wassersäule ist, da aber auch die Behandlung der Maschine desto schwerer ausfällt, je höher die Röhre ist, so verfiel man schon vor mehreren Jahren darauf, einen Hebel mittelst eines in die Röhre gebrachten kleinen Kolbens (oder Stempels) zugleich auf die Wassersäule wirken zu lassen, um das durch Hebelkraft zu ersetzen, was der Röhre an Höhe abging. So entstanden die bald sehr beliebt gewordenen hydromechanischen Pressen. Nicht lange nach Bramahs Erfindung trat der französische Graf Real mit solchen hydrostatischen Pressen auf, welche zum Extrahiren von allerley Stoffen aus Pulvern, Kräutern rc. dienen konnten.

§. 87.

Vor wenigen Jahren erfand Rommershausen zu Acken an der Elbe die Luftpresse, die zu einem ähnlichen Extrahiren, wie Reals hydrostatische Presse (§. 86.) bestimmt war. Sie gründete sich darauf, daß in einem Cylinder, unter einer siebartigen mit der auszuziehenden Materie und Wasser versehenen Vorrichtung ein luftleerer Raum erzeugt wurde, wodurch der Druck der äußern Luft (wie bei manchen Versuchen mit der Luftpumpe) das Wasser gewaltsam an die Theilchen der auszuziehenden Materie preßte, das Ausziehbare ablösete und dieses mit dem Wasser durch die Löcher des

Siebes trieb. Zur Erzeugung des luftleeren Raums hätte freilich eine Luftpumpe gebraucht werden können; da diese aber zu kostspielig gewesen wäre, so wandte Rommershausen dazu eine kleine in einem besondern Cylinder befindliche, mit dem erstern Cylinder in Verbindung gebrachte Wasserpumpe an.

Derselbe Rommershausen suchte in der neuesten Zeit die große Gewalt der verdichteten Wasserdämpfe zu einer andern Art Presse, der Dampfpresse, anzuwenden. Hiermit ist es aber bis jetzt zu keiner recht ernsthaften Anwendung gekommen.

§. 88.

Die einfachen Rammen oder Rammmaschinen, womit man Pfähle in die Erde rammt, sind schon alt. Aber die Maschinenrammen, auch englische Rammen genannt, sind erst im achtzehnten Jahrhundert erfunden worden. Bei jenen Rammen war das Seil oder Tau an den schweren Rammklotz befestigt, und oben über eine Rolle des Gerüstes geführt; eine große Anzahl Menschen zogen wiederholt an dem Seile, hoben dadurch den Rammklotz etwa 4 oder 5 Fuß hoch über dem Pfahle empor und ließen das Seil so lange los, bis der herunter gefallene, aber mit dem Seile in Verbindung bleibende Klotz seinen Schlag gethan hatte. Bei den Maschinenrammen hingegen wurde Alles von wenigen Menschen durch eine Winde in Bewegung gesetzt. Der Rammklotz hängte sich von selbst in einen Haken des einen Seilendes, lößte sich, wenn er 8 bis 18 Fuß hoch gekommen war, an einer oben am Gerüste befindlichen Vorrichtung aus und fiel dann sehr kräftig ohne Seil auf den Pfahl herab.

Nun wurde das Seil wieder zurück gewunden, bis der Haken desselben den Rammkloß wieder faßte, u. s. fort.

Der Schwede Polhem hat solche Maschinenrammen von guter Einrichtung vor der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts verfertigen und anwenden lassen. Diejenigen, welche früher de la Hire, Camus, Leupold und Belidor angaben, hatten noch nicht dieselbe Vollkommenheit. Die Schweden Nordenskiöld und Eliander, die Franzosen Vauloué und Perronet, der Engländer Bunce, die Deutschen Schmidt, Löwel u. a. verbesserten diese Art Rammen noch. Woltmann lieferte im Jahr 1804 eine gesunde Theorie von den Rammmaschinen und von dem Akte des Rammens selbst, um von der Wirkung des Klotzes einen richtigen Begriff zu geben. Dasselbe thaten Gilly und Eytelwein. Unter andern fand man, daß da, wo Menschen genug vorhanden sind, die gemeine Ramme vortheilhafter anzuwenden ist, als die Maschinenramme.

§. 89.

Hebladen, womit man Lasten auf eine nicht bedeutende Höhe zu heben vermag, sind alte Maschinen, die man jetzt noch höchst selten gebraucht. Im siebzehnten Jahrhundert wurden sie unter andern von Besson und Schwenter beschrieben. Die meisten derselben sind so eingerichtet, daß ein starker Hebel (ein Hebebaum), woran vorn die Last hängt, immer höher und höher kommt, indem durch Löcher einer aufgerichteten Säule, in welche man starke Bolzen immer höher hinauf steckt, oder durch schräge Zähne der Säule, in welche besondere Haken des Hebels einfallen, der Unterstützungspunkt des Hebels von Strecke zu Strecke eine

größere Höhe erreicht. Selbst Stubben von Bäumen sammt den Wurzeln, ja ganze Bäume hat man mit solchen oder andern Hebladen aus der Erde zu reißen gesucht. Wirksamer für diesen Fall war freilich eine Schraube ohne Ende, oder ein gezahntes Räderwerk, oder ein mit Flaschenzügen verbundenes Rad an der Welle u. dgl.

Leupold hat zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts mehrere Arten von Hebladen angegeben. Später kamen wieder andere von Auger, Montigny, Dalesne, Loriot, Gibson, de Nieuport, Polhem, Sommer, Böse, Victor ꝛc. zum Vorschein. Die von Sommer, Polhem, Böse und Victor wurden darunter am bekanntesten, haben aber doch den gepriesenen Nutzen nicht gewährt. So ging es auch mit derjenigen, besonders zum Ausreißen von Bäumen bestimmten des Dänen Rieffelsen, die er Kraftmaschine nannte. Sie wurde erst vor achtzehn Jahren bekannt; aber, weil sie zu künstlich war, bald wieder der Vergessenheit übergeben. Der Hebmaschine des Schweden Birgirson, die hauptsächlich zum Ausbrechen tief liegender Steine bestimmt war, ist es nicht besser ergangen.

§. 90.

Haspel und Göpel (§. 7.) waren freilich weit bequemere und nutzbarere Maschinen. Zwar findet ihr vornehmster Gebrauch in Bergwerken statt; aber auch zu andern Zwecken, z. B. in Häusern zum Auffördern der Lasten (Kaufmannswaren u. dgl.) werden sie häufig angewendet. Ein besonders nützlicher Gebrauch von den Laufradshaspeln wird bei den Krahnen gemacht, welche man vornehmlich an schiffbaren Flüssen und an Häfen gebraucht, um Waaren aus den

Schiffen und in die Schiffe zu laden. Die Last wird an einen Schnabel gebracht, wo man ihr mittelst der Maschine eine Bewegung in lothrechter und in horizontaler Richtung zu geben vermag.

Der Krahn ist eine alte Maschine, die im achtzehnten Jahrhundert Desaguliers, Perrault, Leupold, Vaucanson, Berthelot, Ferguson, Nordenskiöld, Braithwaite, Johnson, Pinchbeck, Dixon, White, Kentish, Bunce, Millington, Padmore, Kier, Mocok, Hall u. a. verbesserten. Diese Verbesserungen bezogen sich bei manchen Arten, wie z. B. bei denjenigen des Pinchbeck, Bunce, Dixon, und Kentish, hauptsächlich darauf, Unglücksfälle zu verhüten, welche bei Tretkrahnen oft dann statt finden, wenn die Last einmal von dem Seile oder von der Kette abspringt. Die Arbeiter werden dann in dem Tretrade herumgeschleudert. Sperrräder, Bremsräder mit Bremskränzen, eigne Schutzräder u. dgl. waren die vornehmsten Mittel, solche Unglücksfälle zu verhüten. Aehnlicher Mittel bediente man sich in der neuern Zeit auch bei Pferdegöpeln gegen Unglücksfälle, welche sonst sowohl die Pferde, als auch die Treiber nicht selten erlitten. — Besonders merkwürdig ist endlich noch die Anwendung der Bramahschen Presse (§. 86.) auf die Krahne, um damit sehr schwere Hebel zu heben.

§. 91.

Seit den letzten fünfzig Jahren sind die Pferdegöpel (§. 7.) eben so, wie alle übrige Maschinen, sehr verbessert worden. Vorher war der Pferdegöpel eine ziemlich schwerfällige Maschine. Wie viel überflüssiges Holzwerk hat man

in der neuern Zeit weggeschaft! welche bedeutende Vortheile erhielt man du:ch höhere durchbrochene Scheiben, statt der vormaligen kleinen Rollen! wie viel wirksamer wurde die Maschine durch bessere Einrichtung der Zapfen und Zapfenlager, der Göpelkörbe u. dgl. Die in England erfundenen spiralförmigen Göpelkörbe, aus zwei an ihrer Basis zusammengesetzten abgestutzten Kegeln mit spiralförmigen Gängen bestehend, eine besondere Anwendung der Taschenuhr-Schnecke (§. 22.) im Großen, waren merkwürdig. Man wollte dadurch mehr Gleichförmigkeit für die bewegende Kraft erhalten, wenn der volle Köbel höher und höher heraufkommt; indessen war dieser Vortheil doch nicht so groß, als man sich anfangs einbildete.

Manche Arten von Feuer-Rettungsmaschinen, zur Rettung von Menschen aus den obern Stockwerken brennender Gebäude bestimmt, hatten Aehnlichkeit mit dem Krahne (§. 90.). So sehr man sich in der neuern Zeit auch Mühe gab, solche Maschinen einzuführen und bei vorkommenden Gelegenheiten zu gebrauchen, so wenig ist es doch damit zu rechter Anwendung gekommen.

§. 92.

Die gemeine Waage (gleicharmige Waage, Krämerwaage) ist eine sehr alte Erfindung. Schon zu Abrahams Zeit kam sie vor, und mehrere Male wird ihrer im alten Testament z. B. im Buch Mosis und Hiob gedacht. Auch die Schnellwaage oder römische Waage (ungleicharmige Waage) ist schon alt. Diese Waage bedarf eines bestimmten Gegengewichts, des Läufers, womit man Lasten von sehr verschiedener Schwere abwägen kann. Sie soll

eine Erfindung der Araber seyn und ihr Name römische Waage soll, nach Pocock und Wallis, von Romman herrühren, welches bei den Arabern ein Granatapfel ist. Der Läufer nämlich soll bei ihnen diese Gestalt gehabt haben.

In den neuern Zeiten ist sowohl die gemeine Waage, als die Schnellwaage durch eine bessere bei ihr angewandte Mechanik, vornehmlich durch eine bessere Aufhängungsart, genauer und empfindlicher gemacht worden. Man hat ihren Gebrauch immer mehr vervielfältigt, sowohl zu sehr schweren Lasten, als auch zu sehr kleinen, wie schon die Namen ihrer verschiedenen Sorten, z. B. Heuwaage, Garnwaage, Goldwaage ꝛc. anzeigen. Auch ganz besondere Einrichtungen erhielten die Waagen der neuern Zeit nicht selten.

§. 93.

Leupold hatte zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts um die Verbesserungen der Waagen manche Verdienste. Er beschrieb auch in seinem statischen Werke mehrere Arten derselben. Leutmann, Euler, Schmidt und Gruber untersuchten ihren Mechanismus, um dasjenige Verfahren aufzufinden, wodurch diese Maschinen an Empfindlichkeit und Zuverlässigkeit zunehmen möchten. Lamberti lieferte eine eigne Theorie der Schnellwaagen in den Schweizerischen Acten.

Eine sogenannte Universalwaage hatte schon Leupold beschrieben. Diese Waage sollte hauptsächlich dazu dienen, verschiedene Sätze aus der Lehre vom Hebel und vom Schwerpunkt zu prüfen, auch die Empfindlichkeit der Waagen selbst zu untersuchen, und die beste Stelle für ihren Auf-

hängepunkt zu bestimmen. Andere Arten von sogenannten Probierwaagen, womit man die Fehler und Vollkommenheiten der fertigen Waagen untersucht, kamen schon im fünfzehnten Jahrhundert vor. In Nürnberg wurden sie damals und später von mehreren geschickten Künstlern gemacht. Solche Probirwaagen, die man zum subtilen Abwägen kleiner Metallstücke in der Probirkunst (eines bekannten Zweiges der Münzkunst) anwendet, kamen ebenfalls schon frühzeitig in Nürnberg vor, wo man namentlich auch immer viele Goldwaagen machte.

§. 94.

De la Hire erfand zu Ende des siebzehnten Jahrhunderts eine besondere Waage, deren einer Arm horizontal, der andere aber geneigt war. Merkwürdiger hatte man die noch früher von Roberval ans Licht gebrachte Waage gefunden. Diese Waage, eine Art von zusammengesetztem Hebel, legte Roberval den Mathematikern als ein mechanisches Paradox vor, weil daran Kräfte, die einmal im Gleichgewicht waren, immer in diesem Gleichgewicht bleiben sollten, man mochte sie auch in eine Entfernung vom Ruhepunkte bringen, in welche man wollte. Auch Cassini und Desaguliers erfanden besondere Arten von Waagen. In der letzten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts zeichneten sich unter andern die Waagen des Fontana, des Ludlam, des Ramsden, des Saladini, des Hahn, des Hauff, des Lüdike und des Trougthon aus. Außerordentlich empfindlich für die allerkleinsten Gewichte waren die Waagen der drei erst genannten Männer. Die im Jahr 1787 von Saladini erfundene allgemeine Schnellwaage war sinnreich; und

die Waage des Hahn zu Echterdingen im Würtembergischen war eine sehr bequeme Hauswaage mit eingetheiltem Kreisbogen und Zeiger, wie es auch die später erfundene Waage des Dümont zu Straßburg war. Federwaagen mit Stahlfedern zum Zusammenpressen der Last bis auf eine verhältnißmäßige Strecke waren schon zu Leupolds Zeit da; aber Hanin, Rosenthal und Prasse verbesserten sie in der letzten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts. Chausseewaagen mit beweglichen Brücken zum Wägen der Frachtwagen wurden vor etwa dreißig Jahren in England erfunden.

Manche andere Arten von Waagen, wie z. B. Blutwaage, Luftwaage, chinesische Waage ꝛc. waren allerdings Produkte des menschlichen Scharfsinns, wenn auch ihr Gebrauch nur eingeschränkt war. Für den Physiker war die hydrostatische Waage, womit man Körper zur Erforschung ihres specifischen Gewichts im Wasser sehr genau einsenken und abwägen kann, besonders wichtig. Galilei erfand diese Waage im Jahr 1586. Sie wurde in der Folge, hauptsächlich von den Engländern, bedeutend verbessert. In dieser verbesserten Gestalt beschrieben sie s'Gravesande, Leupold und Muſſchenbroek. Brander, Ramsden u. a. vervollkommneten sie noch mehr, sowohl was ihre Genauigkeit und Empfindlichkeit, als auch den Mechanismus zum Einsenken in Wasser betraf.

§. 95.

Was die Theorie der Mechanik überhaupt betrift, so haben zwar schon Roger Baco, Guido Ubaldi, Tartaglia, Stevin, Schott, Boyle, Ghetaldi u. a. nicht wenig darin geleistet. Aber viel mehr geschah doch

durch die Bemühungen des Galilei, Torricelli, Borelli, Baliani, Roberval, Descartes, Mersenne u. a. Vorzüglich berühmt in der Mechanik machten sich kurz vor Einbruch des achtzehnten Jahrhunderts Wallis, Wrenn, Mariotte, Newton, Leibnitz, Huyghens, Varignon, de la Hire, Rohault, Amontons, Parent, Guglielmini, und im achtzehnten Jahrhundert Taylor, Leonhard Euler und dessen Sohn Albert Euler, Hermann, Johann, Jacob und Daniel Bernoulli, d'Alembert, Camûs, Maclaurin, de l'Hopital, Karsten, Kästner, Bossût, de la Grange, Krafft, Fuß, Mönnich, Langsdorf u. a. Dir Erfindung der Differential- und Integralrechnung hatte auf die weitern Fortschritte der theoretischen Mechanik sehr vielen Einfluß. Es entstand nun die sogenannte höhere Mechanik.

§. 96.

Die Alten hatten von der Theorie der Bewegung nur ganz einfache und leichte Kenntnisse. Sie wußten z. B. wohl, daß die Geschwindigkeit eines Körpers desto größer ist, einen je größern Raum er in einerley Zeit oder in je kürzerer Zeit er einen gewissen Raum zurücklegt, daß die von zwei Körpern gleichförmig durchlaufenen Räume wie die Produkte der Zeiten mit den Geschwindigkeiten sich verhalten u. dgl.; aber von der veränderlichen Bewegung, von den Gesetzen der Mittheilung der Bewegung und überhaupt von den wichtigsten Lehren der Mechanik hatten sie sehr unzureichende Kenntnisse. Erst den neuern Mathematikern, vornehmlich des siebzehnten und achtzehnten Jahrhunderts, war

es vorbehalten, in der eigentlichen Theorie der Bewegung große Fortschritte zu thun. Dadurch kam auch der praktische Theil der Mechanik nach und nach mit auf eine Höhe, die er sonst schwerlich erreicht haben würde.

§. 97.

Unter den Neuern war Guido Ubaldi in der letzten Hälfte des sechszehnten Jahrhunderts der erste, welcher die Mechanik der Alten mit einigen Sätzen bereicherte. Aber mehr hierin that nach ihm Stevin gegen Ende desselben Jahrhunderts. Er endeckte zuerst das wahre Verhältniß der Kräfte bei der schiefen Ebene, besonders den berühmten etwa hundert Jahre nachher von Varignon erweiterten Satz, daß, wenn in einem Dreiecke die drei Seiten den Richtungen des Gewichts und beider das Gleichgewicht bewirkenden Kräften gleich sind, diese drei Seiten sich wie die Kräfte erhalten.

Ohngefähr um dieselbe Zeit berichtigte und erweiterte Galilei noch, sowohl die Lehre vom Gleichgewicht, als auch die von der Bewegung. Dieser hochberühmte Mann, 1564 zu Pisa geboren und 1642 zu Florenz gestorben, als Mechaniker, Optiker und Astronom gleich berühmt, entdeckte unter andern das Gesetz der beschleunigten Bewegung bei dem Fall der Körper; er entdeckte auch, daß der Weg schief geworfener Körper ein Parabel sey, den Widerstand der Luft bei Seite gesetzt. Er stellte (an Lampen, die in Kirchen aufgehängt waren) die ersten Untersuchungen über Pendel-Schwingungen an, in welche Huyghens in der Folge noch tiefer einging. Namentlich fand Galilei schon das Verhältniß der Dauer der Schwin-

gungen bei der Verlängerung oder Verkürzung eines Pendels. Er prüfte ferner mathematisch den Widerstand fester Körper, wenn sie zerbrochen werden. So gründete er die Lehre von der Stärke fester Körper, die in der Folge von Mariotte, Varignon, Marchetti, Mufschenbroek und andern (§. 113.) berichtigt und bereichert wurde. Galilei's im Jahr 1634 erschienener Traktat von der Mechanik, so wie seine 1636 erschienenen Gespräche über die beiden neuen Wissenschaften der Mechanik und der Lokal-Bewegungen wurden von Sachkennern mit Begierde gelesen.

§. 98.

Baliani wollte ums Jahr 1638 die Hypothese aufstellen, die Geschwindigkeiten fallender Körper verhielten sich wie die beschriebenen Räume, und dadurch Galilei's Theorie umstoßen, daß sich diese Geschwindigkeiten wie die Quadratwurzeln aus den Räumen verhielten; und der Pater Cafree in seiner Unwissenheit wollte ihn vertheidigen. Beide wurden aber bald von Gassendi, von Fermat u. a. zu Paaren getrieben. Riccioli und Grimaldi, sowie noch später Desaguliers suchten die Theorie des Galilei durch Versuche zu bestätigen. Das hielt damals sehr schwer, mit Ausnahme solcher Experimente, die man zu demselben Zweck mit Pendeln anstellte. In der neuern Zeit konnte man dieselben Versuche mit der Fallmaschine des Engländers Atwood leichter machen.

Torricelli, ein sehr würdiger Schüler des Galilei, hatte die Mathematik vornehmlich zu Rom beim Castelli studirt. Als er Galilei's Schriften von der Bewegung in die Hände bekam, schrieb er auch ein Werk über denselben

Gegenstand, welches er dem Galilei schickte. Diesem gefiel es sowohl, daß er recht sehr wünschte, Torricelli möchte bei ihm seyn. Aber schon nach drei Monaten starb der große Lehrer. Torricelli vermehrte sein Werk noch, und gab es dann im Jahr 1644 heraus. Es enthielt mehrere sehr wichtige Entdeckungen über Gleichgewicht, Fall, Wurf u. s. w.

§. 99.

Französische Mathematiker, wie Mersenne, Fermat und Descartes erweiterten die mechanischen Wissenschaften sehr. Die Kenntnisse des Mersenne waren hauptsächlich auf Versuche und Beobachtungen gegründet. Dadurch schuf er manche Theorien, die mit Beifall aufgenommen wurden. Ueber seine Theorien vom Mittelpunkte des Schwunges geriethen Descartes und Roberval in einen Streit, ohne daß weder der eine, noch der andere von ihnen Recht gehabt hätte. Descartes lehrte die Gesetze der Bewegung deutlicher, als es bisher geschehen war, obgleich Galilei sie schon gekannt hatte.

Aber auch den englischen Mathematikern, wie Wallis, Wrenn und Newton verdankt die Mathematik ungemein viel. Den Widerstand der Mittel, z. B. der Luft, hatten Galilei und Torricelli in ihren Untersuchungen bei Seite gesetzt, obgleich sie die daraus entstehenden Aenderungen einsahen. Daher konnte auch Galilei's Gesetz von den geworfenen Körpern nicht ganz mit der Natur übereinstimmen. Andeutungen von solchen Aenderungen in widerstehenden Mittel gaben bald manche berühmte Männer; aber erst Wallis und Newton stellten darüber die ersten gründ-

lichen Untersuchungen an; sowie nachher Huyghens, Leibnitz und Varignon, und noch einige Jahre später Johann Bernoulli, Nicolaus Bernoulli u. Taylor.

Besonders viel verdankt die Mechanik dem berühmten Niederländer Huyghens. Unter seinen vielen mechanischen Erfindungen und Entdeckungen sichert ihn schon allein diejenige der Pendel-Uhren die Unsterblichkeit. Auf jedem Fall gehört er unter die größten Männer, die je gelebt haben. Seine Verdienste in der Mechanik allein sind denen des Galilei und denen des Newton gleich zu setzen.

§. 100.

Varignon, de la Hire und Camûs machten theils manche neue Erfindungen in der Mechanik, theils brachten sie mehr Klarheit in einzelne Theile dieser Wissenschaft. Auf jedem Fall gehören sie zu den verdienstvollsten Mechanikern der damaligen Zeit. Die Schriften (Memoires) der Pariser Akademie sind voll von lehrreichen Abhandlungen des Varignon über das Gleichgewicht und über die auf verschiedene Art hervorgebrachten Bewegungen. So brachte er die Statik auf Stevins Grundsatz vom Gleichgewicht dreier Kräfte zurück und zeigte zuerst den Gebrauch von der zusammengesetzten Bewegung in Rücksicht auf das Gleichgewicht der Maschinen.

So beschäftigte ihm ferner die Lehre vom Fall der Körper, die Theorie des Hebels u. dgl. Auch an de la Hire hatte die Theorie des Hebels einen glücklichen Bearbeiter, sowie die Theorie der Rolle, der schiefen Ebene, des Keils und der Schraube. Seine Untersuchungen über die beste Figur der Zähne der Räder (§. 29.)

gereichten ihm gleichfalls zu großer Ehre. Camûs brachte durch ein im Jahr 1751 geschriebenes sehr schätzbares Werk viele Genauigkeit und Deutlichkeit in verschiedenen mechanischen Lehren. Er übertraf hierin das von Hermann im Jahr 1716 erschienene Werk.

§. 101.

Durch die Rechnung des Unendlichen suchte man bald die Theorie der veränderlichen Bewegungen auf einen festern Grund zu bauen. Schon Galilei hatte im Jahr 1602 durch seine Gesetze des Falls schöne Kenntnisse von der gleichförmig beschleunigten geradlinichten Bewegung gegeben. Huyghens hatte durch seine Betrachtungen über die krummlinichte Bewegung eine Theorie der Centralkräfte im Kreise gegründet. Die von Descartes entworfenen Gesetze über die Mittheilung der Bewegungen waren von Wallis, Huyghens und Wrenn weiter gebracht worden, und durch Huyghens Auflösung des berühmten Problems vom Mittelpunkte des Schwunges war in der Mechanik ein auffallender Schritt weiter geschehen. Leonhard Euler stellte in seiner 1736 erschienen Mechanik, mit Hülfe der höhern Analysis, die feinsten mechanischen Untersuchungen auf; Maclaurin bereicherte dieselben bald nachher mit neuen scharfsinnigen Bemerkungen.

Euler, welcher, wie vor ihm Mariotte, so viel Klarheit in die Lehre von der Bewegung gebracht hatte, untersuchte unter andern auch genau die freie Bewegung mehrerer an einem Faden aufgehängter Körper, wenn sie über eine horizontale Ebene geführt werden; und so legte er den Grund zu manchen darauf hinzielenden neuen Entdeckungen.

Demselben berühmten Manne verdanken wir sehr schöne Untersuchungen über die Bewegung um Achsen, nachdem sein Sohn Albert Euler ihm hierin zuvor gekommen war. Nicolaus Fuß setzte diese Untersuchungen auf eine rühmliche Art fort.

§. 102.

De la Hire, Saulmon und de Molieres beschäftigten sich viel mit dem Stoß der Körper; sie suchten die Theorie dieser Lehre in's Reine zu bringen. In den Pariser Memoiren findet man ihre Bemühungen beschrieben. In der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts haben, ausgestattet mit noch reifern Kenntnissen, die Bernoulli's, Euler, Klingenstierna u. a. dieselbe Lehre noch sorgfältiger und heller zu beleuchten gesucht. In den Berliner Memoiren, in den Petersburger Commentarien und in den Acten der schwedischen literarischen Societät sind die Resultate ihrer Bemühungen der Nachwelt überliefert worden.

Von dem Drucke eines Körpers auf Unterstützungen handelten Delanges, Malfatti, Fontana, Lorgna und Paoli in den italienischen Memoiren und in den Memoiren von Verona, auch der Schwede Siöberg in den neuern schwedischen Abhandlungen, und Euler in den neuen Petersburger Commentarien. Ueber den Druck der Gewichte bei allerley Maschinen stellten Hee, Kästner u. a. gleichfalls Untersuchungen an.

§. 103.

Als Huyghens seine Auflösung des Problems von dem Mittelpunkte des Schwunges bekannt gemacht hatte, fand er manche unberufene Tadler, die ihn um's Jahr 1681 in Jour=

nalen (z. B. in dem Journal des Savans) angriffen. Jacob Bernoulli vertheidigte ihn bald und machte durch seine gründlichen und klaren Widerlegungen jene Tadler verstummen. De l'Hopital unterstützte den Bernoulli noch mit andern Gründen; und so blieb Huyghens auf der von ihm erreichten wissenschaftlichen Höhe stehen. Im Jahr 1714 suchten Johann Bernoulli und Taylor dasselbe Problem fester zu begründen; noch mehr that im Jahr 1743 d'Alembert dafür.

Ueber die Schwingungen des Pendels stellten insbesondere Hermann, Wallerius, Euler, Jacob und Johann Bernoulli, Krafft und Fuß viele tiefsinnige Untersuchungen an, wovon mehrere Aufsätze in den Petersburger Commentarien die Beweise liefern. Clairaut, Büffon und Courtivron handelten eben davon in den Pariser Memoiren um die Mitte des achtzehnten Jahrhunderts. Die Huyghens'sche Anwendung des Pendels zum Regulator großer Uhren (§. 23.) hatte die Gelehrten der damaligen und nachfolgenden Zeit besonders aufmerksam auf diesen Gegenstand gemacht.

§. 104.

Newton hatte zuerst auf eine ganz allgemeine Art die Gesetze der krummlinichten Bewegung gezeigt und zuerst eine vollständige Theorie der Bewegung in widerstehenden Mitteln (§. 99.) entworfen. Er war ja auch der erste gewesen, welcher die höhere Mechanik von der gemeinen unterschied. Ueberhaupt hat man, außer Newton, dem Leibnitz, Maclaurin, Hermann, Jacob und Johann Bernoulli, de l'Hopital, Saurin, d'Alem=

bert, Euler, Kästner, Karsten, de la Grange und Langsdorf im achtzehnten Jahrhundert das meiste um die Veredlung der höhern Mechanik zu verdanken.

Daß Hermann zuerst die damaligen mechanischen Erfindungen durch Hülfe der Differential- und Integralrechnung untersucht hat, sieht man aus seinem mechanischen Lehrbuche, (Phoronomia), und daß d'Alembert die Gründe, worauf das Gebäude der höheren Mechanik ruht, einer sorgfältigen Prüfung unterwarf, leuchtet aus dessen Dynamik hervor. Karsten und Langsdorf wandten dieselbe Wissenschaft auf nützliche Gegenstände, besonders auf das Maschinenwesen an; Kästner aber war im Jahr 1766 der erste Deutsche, der in seiner Muttersprache ein Buch (die Anfangsgründe der höhern Mechanik) schrieb, woraus man gründlich und ziemlich vollständig die Lehren der höhern Mechanik, auch auf Naturkunde und Maschinenwesen angewandt, kennen lernen konnte.

§. 105.

Die Italiener haben sich von jeher in der Mechanik, in der neuern Zeit auch in der höhern Mechanik, ausgezeichnet. So löste noch vor wenigen Jahren Bordoni sehr gut eine von Binet und Poisson weniger glücklich behandelte Aufgabe, nämlich: im Stande des Gleichgewichts einer doppelten, spröden oder elastischen Curve, die unendlichen Gleichungen zu bestimmen, welche zwischen den Coordinaten der Curve, den äußern angewandten Kräften und dem Widerstande bestehen, den ihre Theile jenen Kräften entgegensetzen. Statt der analytischen Funktionen, wozu Lagrange den Weg eröffnet hatte, wandte Bordoni hierbei Leibnitzens Lehre vom Unendlich-Kleinen an.

Das Mailändische Institut hatte das Problem aufgegeben, die Grundsätze von Lagrange's analytischer Mechanik auf die vornehmsten mechanischen (und hydraulischen) Aufgaben anzuwenden. Gabriola Piola löste dieses Problem glücklich. Majorhi und Borgnis lieferten sehr belehrende mechanische Werke, besonders der letztere, welcher während eines langen Aufenthalts zu Paris sich mit den Maschinen Frankreichs bekannt machte.

§. 106.

Wenn auch de la Hire, Varignon und Kästner die Theorie des Hebels schon gut auseinander gesetzt hatten (§. 100.), so suchten doch andere, wie Dätzl, Aepinus und Pasquich, es noch besser zu machen. So war es auch mit der Theorie der Rolle, der schiefen Ebene, des Keils und der Schraube, die man später noch immer mehr zu beleuchten suchte. Der dänische Mathematiker Bugge bearbeitete insbesondere die Theorie der beweglichen Rolle, Desaguliers, Bärmann, Nicholson und Langsdorf diejenige des Keils; Kästner diejenige der Schraube. Camus, Mönnich, Klügel, Gilly, Lempe, Büsch, Langsdorf u. a. bearbeiteten vorzüglich das Praktische jener einfachen Maschinen.

Die Theorie der Kurbeln oder Krummzapfen, die sich eigentlich auf die Theorie des Hebels gründete, berichtigte vornehmlich de la Hire, Lambert, Kästner, Brodreich, und ganz neuerlich Reinscher und Arzberger in Wien. Joseph von Baader verbesserte die Kurbeln sehr und lehrte ihre Verbindung mit Kunsträdern auf eine ausgezeichnete Weise. Derselbe sehr geschickte Mann zeigte, daß

Kurbelscheiben eigentlich, wenigstens in vielen Fällen, bequemer anzuwenden sind, als Kurbeln. Langsdorf bearbeitete in den letzten Jahren des achtzehnten Jahrhunderts die Theorie der Schwungräder, welche zu den schwierigsten der ganzen Mechanik gehört.

§. 107.

Bei solchen Maschinen, wo Seile um Wellen, Scheiben oder Rollen sich krümmen, hat die bewegende Kraft auch den Widerstand zu überwältigen, welcher von der Straffheit, Steifigkeit oder Unbiegsamkeit der Seile entsteht. Natürlich muß die zum Biegen eines Seiles um jene runden Körper erforderliche Kraft desto stärker seyn, je mehr das Seil bei seiner Verfertigung zusammengedreht worden ist, je dicker es ist, je stärker es von einer Last gespannt wird, und je kleiner der Durchmesser des Cylinders (der Welle, Scheibe, Rolle rc.) ist, um welchen es gekrümmt wird.

Erst zu Ende des siebzehnten Jahrhunderts ist dieser Gegenstand der Mechanik zur Sprache gekommen, vornehmlich durch den Franzosen Amontons. Vor der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts haben Desaguliers und Muschenbroek ihn noch mehr beleuchtet und berichtigt, sowie in der letzten Hälfte desselben Jahrhunderts van Schwinden, Franceschini, Metternich und Coulomb. Unter andern fand man auch, daß geflochtene Seile zum Krümmen weniger Kraft gebrauchen, als gedrehte; gewebte Seile (§. 113.) noch weniger.

§. 108.

Ein noch viel wichtigeres Hinderniß für die bewegende Kraft, welches bei allen Maschinen vorkommt, ist die Rei-

bung oder **Friktion**. Wenn ein Körper sich auf oder an einem Körper hinbewegt, so fügen sich die Rauhheiten dieser Körper in einander; die Erhabenheiten des einen Körpers sinken in die Vertiefungen des andern ein; es gehört daher immer ein bestimmter Theil der bewegenden Kraft dazu, jene Rauhheiten aus einander herauszubringen; und dieser Theil der Kraft ist es eben, welcher den Widerstand der **Reibung** oder **Friktion** überwältigen muß. **Wie groß** dieser Theil der Kraft ist, das kommt freilich auf die Art der Materie des Körpers an, auf Härte, Porosität, Glätte, aber auch auf die Stärke des Drucks, womit ein Körper auf oder an einem andern liegt.

Bei Maschinen, die aus Räderwerken bestehen, hat die bewegende Kraft hauptsächlich die Friktion der auf und an einander hin beweglichen Theile zu überwinden, namentlich die Friktion der Zapfen in ihren Lagern, und der Räder und Getriebe bei ihrem Eingriff. Eben so ist bei manchen andern Maschinen, die kein Räderwerk enthalten, die Reibung der Zapfen in Lagern der vornehmste Widerstand, welcher von der bewegenden Kraft überwältigt werden muß, z. B. bei Stangenkünsten, die etwa ein Wasserrad zum Hin- und Herschwingen bringt.

§. 109.

Natürlich war es sehr wichtig, unter allen vorkommenden Umständen die Größe der Reibung zu kennen, um die Stärke der bewegenden Kraft darnach einrichten zu können; sehr wichtig war es aber auch, die Mittel in Erfahrung zu bringen, durch welche man die Reibung, zum Vortheil der bewegenden Kraft, möglichst zu vermindern im Stande war.

Hierzu gehörten Versuche, die wirklich mehrere verdienstvolle Männer anstellten.

Ohnstreitig war Amontons der erste, welcher am Ende des siebzehnten Jahrhunderts Experimente machte, um die Stärke der Reibung bei verschiedenen Körpern zu erforschen, die sich auf oder an einander heraus bewegten. Er fand, daß die Friktion $\frac{1}{3}$ der Last oder des Gewichts des Körpers betrug, wenn eine gewisse Holzart auf derselben Holzart, eine gewisse Metallart auf derselben Metallart hingeschoben oder hingezogen wurde. Leupold wiederholte diese Versuche und gelangte zu denselben Resultaten. Auch Belidor brachte dieselben Resultate zum Vorschein, obgleich Parent $\frac{7}{20}$ und Bilfinger $\frac{1}{4}$ des Drucks herausbrachten. Aber schon eine geringe Veränderung in der Glätte konnte eine merkliche Veränderung hervorbringen.

§. 110.

Außer den (§. 109.) genannten Männern hatten auch de la Hire, Leibnitz, Sturm, Desaguliers, Musschenbroek, Nollet, von Segner, Euler, Camus, Bossut, Ximenes, Karsten, Mönnich, Kästner, Zallinger, d'Antoni, Coulomb, de Belloy, Girard, Langsdorf, Vince u. a. Untersuchungen über die Stärke der Reibung, wie sie unter mancherley Verhältnissen statt finden mußte, angestellt. Amontons Versuche behielten immer vielen Werth, obgleich diejenigen des Musschenbroek, des Ximenes, des Coulomb nnd des Vince allerdings mehr Licht über diese Lehre verbreiteten. Besonders waren die Experimente des Cou=

lomb mit vielem Scharfsinn und mit vieler Umsicht angestellt worden, und durch seine Schrift, welche die Resultate dieser Versuche enthielt, errang er mit Recht im Jahr 1781 von der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Paris einen Preis von 2000 Livres. Zwar hatte schon Musschenbroek um die Mitte des achtzehnten Jahrhunderts einen Friktionsmesser (ein Tribometer) erfunden. Derjenige des Coulomb aber war vollkommener, und erlaubte eine große Mannigfaltigkeit von Versuchen, wobei man jedesmal nur eine kleine Veränderung mit ihm vornahm. Er bestand aus einem Schlitten, dessen Schenkel man sehr leicht verändern, bald aus dieser, bald aus jener Holz- und Metallart ansetzen konnte, und aus Gleisen oder Schienen, ebenfalls von dieser oder jener Holz- und Metallart, sowie auch von verschiedener Glätte, geschmiert und ungeschmiert. So konnte man den Schlitten, mit mancherley daran gesetzten Schenkeln, durch Gewichte bald auf dieser, bald auf jener Gleise in Bewegung setzen lassen, und eben mittelst der Gewichte, die man durch eine Schnur mit dem Schlitten verband, konnte man die Stärke der Reibung bei irgend einem Druck des Schlittens bestimmen. Ein ganz allgemeines Gesetz für die Reibung konnte freilich auch Coulomb nicht angeben, weil die Structur der Theilchen von gleichartigen Materien nicht immer ganz einerley ist, und weil durch die Versuche selbst Abänderungen in der Glätte rc. statt finden. Denn bei fortgesetzter Bewegung wird die Friktion immer mehr verringert, wenn die aufeinander hin sich bewegenden Flächen keine besondere Glätte hatten; vermehrt aber, wenn sie anfänglich eine gute Politur besaßen. In jenem

Falle nämlich werden die rauhen Flächen glatter; in diesem verlieren die sehr glatten Flächen von ihrer Politur.

§. 111.

Eine besondere Schwierigkeit machte immer die genaue Bestimmung der Friktion an den Zapfen der Räder oder Rad-Wellen, und vorzüglich die Vergleichung der Kraft und Last bei Zahn und Getriebe. Ueber die Reibung an den Zapfen gab uns Euler schon im Jahr 1748 genaue Formeln, die aber für die Ausübung nicht brauchbar waren. Die Untersuchungen des Smeaton im Jahr 1759 und des Coulomb im Jahr 1781 darüber hatten einen viel größern Nutzen. Zur Verminderung des Reibens an den Zähnen hatte die Abründung der Kammräder nach der Cycloide, der Stirnräder nach der Epicycloide (Abthl. I. §. 85 f.) auf die Verringerung der Friktion den wohlthätigsten Einfluß. Die Untersuchungen des de la Hire, Camüs, Euler, Kästner und Gerstner über diesen Zweig der Mechanik gehören zu den nützlichsten, die in dieser Wissenschaft je angestellt worden sind, sowie die von Berthoud, Uhlhorn und Meißner den Praktikern gegebenen Vorschriften darüber bald die auffallendsten Belege darboten, wie viel kleine und große Maschinen durch eine solche Einrichtung gewonnen hatten.

Bei Maschinen, die zur Bewegung Seile und Ketten enthielten, zogen Baillet de Belloy und Girard hauptsächlich auch das Gewicht der Seile und Ketten mit in Betrachtung, um diese Theile so einzurichten, daß sie die möglich geringste Friktion bewirkten.

§. 112.

Eine merkwürdige und schöne Erfindung zur Verminde-

rung des Reibens bei Maschinen war diejenige der Friktionsrollen, Friktionsscheiben oder Friktionsräder. Kleine, um ihren Mittelpunkt ganz leicht bewegliche Scheiben oder Rollen wurden zu zwei oder zu drei so neben einander gelegt, daß der Zapfen einer Welle zwischen ihnen auf ihrer Peripherie liegen und sich umdtehen konnte. Da mußte denn wohl die Reibung desselben äußerst geringe seyn; denn der Zapfen berührte nun sein Lager blos in ein Paar Punkten, und wenn auch einige Hindernisse (Rauhheiten) auf der Peripherie sich ihm entgegenstemmten, so drehten sich ja die Scheiben oder Rollen selbst wieder ganz leicht um ihren Mittelpunkt. Legte man nun gar auch die Zapfen der Friktionsscheiben wieder auf die Peripherien anderer solcher Scheiben, so konnte die Friktion bald auf Null gebracht werden.

Heinrich Sully scheint diese Friktionsscheiben in den ersten Jahren des vorigen Jahrhunderts erfunden zu haben, und zwar zum Gebrauch sehr genauer Uhren, wie die astronomischen und geographischen (§. 31.) sind. Die berühmtesten Uhrmacher des achtzehnten Jahrhunderts, wie Harrison, Ferdinand und Louis Berthoud, le Roy, Graham, Mudge, Arnold, Kendal rc. wandten sie bei ihren Chronometern an. Der Engländer Fitzgerald bediente sich ihrer bei größern Maschinen, z. B. bei Fuhrwerken, bei Haspeln, Göpeln rc. Doch wurde man bald gewahr, daß sie sich für größere Maschinen weniger eigneten, als für kleinere, wo der Druck der Zapfen auf die Peripherien nicht so groß ist. — Daß übrigens die Friktion, welche man bei den Maschinen in den meisten Fällen gern so geringe als möglich macht, in einzelnen Fällen wieder sehr nützlich seyn kann, z. B.

bei Schrauben zum Festhalten mancher Sachen, oder zu einer sichern Stellung derselben, bei Seilen, die über Scheiben und Rollen gezogen werden u. dgl. wußte man in frühern Zeiten schon.

§. 113.

Die Lehre von der Stärke oder Festigkeit der zu Maschinen erforderlichen Materialien, namentlich des Holzes, des Eisens und der Seile wurde erst im achtzehnten Jahrhundert mehr in's Reine gebracht, nachdem man vorher nur im Finstern darüber getappt hatte. Büffon, Musschenbroek und dü Hamel verbreiteten darüber durch angestellte Versuche zuerst ein ziemlich helles Licht. Krafft, von Sickingen, Camüs de Mezieres, Achard, Huth, Eytelwein, Telford, Poplar, Barlow, Rennie, Brown, Tredgold, Dunlop, u. a. durch noch sorgfältigere Versuche geleitet, bereicherten dieselbe Lehre zum Theil mit sehr guten, zum Theil auch mit ganz vortrefflichen Ansichten. Wußte man, wie viele Last irgend ein Körper, z. B. ein Balken, eine Welle u. dgl. ohne zu zerbrechen ertragen konnte, so brauchte man diese Theile nicht auf das Ungewisse überflüssig stark zu machen. Allerdings in mehrerer Hinsicht ein großer Gewinn für das Maschinenwesen (und für die Baukunst)!

Ueber die Stärke der Seile insbesondere hatten de la Hire, dü Hamel, Musschenbroek, Erichson, Philandershiöld, Schröder, Tredgold u. a. sehr merkwürdige Versuche angestellt. Diese Männer fanden unter andern, daß gedrehte Seile weniger Stärke besitzen, als die aus demselben Material verfertigten ungedrehten, nämlich die ge=

flochtenen, und zwar um so weniger, je mehr sie zusammengedreht worden sind, daß die im Jahr 1798 vom Engländer Curr vorgeschlagenen flachen Seile, und die schlauchförmig gewebten (§. 107.), wie sie ehedem zu Calw im Würtembergischen gemacht und von Rappold beschrieben wurden, noch bedeutend stärker sind, daß getheerte Seile weniger Stärke besitzen, als ungetheerte u. s. w. Durch diese Erfahrungen geleitet, konnte man zu einerley Gebrauch viel dünnere und leichtere (folglich zugleich weniger straffe und weniger schwere) Seile anwenden, wenn man, statt der auf gewöhnliche Seilerart gedrehten, geflochtene oder gewebte nahm.

§. 114.

Zur Bewegung gar vieler Maschinen wird die Kraft der Menschen oder der Thiere angewendet. Die Menschen müssen dann Kurbeln drehen, oder Schwengel ziehen, oder Räder treten; die Thiere müssen mittelst eines langen Hebels einen vertikalen Wellbaum umdrehen, oder an einer Deichsel, an einem Seile ꝛc. etwas fortziehen, oder auch ein Rad treten, und dadurch die Maschine in Bewegung bringen. Diese Kräfte waren, um sie richtig beurtheilen und anwenden zu können, vornehmlich seit dem Ende des siebzehnten Jahrhunderts ein Gegenstand der Untersuchungen mehrerer Mathematiker und Physiker. De la Hire scheint ums Jahr 1699 der erste gewesen zu seyn, welcher sich ernstlich mit diesen Forschungen beschäftigte. Ihm folgten darin nach einigen Jahren Parent, Camus und de Mairan. Camus schrieb im Jahr 1724 ein eignes Werk über die bewegenden Kräfte. Durch Deparcieux, Euler, de Voltaire, Bilfinger, Desaguliers, Belidor, besonders aber durch le

Sauveur, Lambert, Smeaton und Borelli kam noch mehr Licht in dieselbe wichtige Lehre. Auch dem Prony, Hamilton, Hennert, Schulze, Norberg, Regnier, Robison, Coulomb, Barthez und Buchanan verdanken wir viele Berichtigungen darüber. So zeigte le Sauveur, daß ein Mensch 25 Pfund in einer Stunde, ohne zu ermüden, 6000 Pariser Fuß weit würde fortziehen können, daß aber ein Pferd 173 Pfund in einer Stunde 10800 Fuß weit fortzuziehen im Stande wäre. So fand Schulze in Berlin, daß die Wirkung eines Pferdes diejenige eines Menschen 14 mal überträfe. Und so fanden mehrere der genannten Männer, daß die Geschwindigkeit eines Menschen in einer Sekunde = 6, eines Pferdes = 12, eines Ochsen = 5, eines Esels = 6, eines Maulthiers = 9 zu setzen ist.

§. 115.

Neue Arten, die Kraft der Menschen und Thiere bei gewissen Maschinen (z. B. zum Treten und Ziehen) zu appliciren, erfanden im Jahr 1737 Briandfrerré und erst neulich Hachette in Paris; im Jahr 1789 von Baader in München; im Jahr 1795 Eckhard in London. Zu Ende des achtzehnten Jahrhunderts machte auch der Engländer Buchanan sehr lehrreiche Versuche, um die mechanische Kraft des Menschen in verschiedenen Stellungen zu erforschen, z. B. beim Rudern, Pumpen, Glockenläuten, Kurbeldrehen ꝛc. Der Franzose Barthez handelte im Jahr 1798 in einem vortrefflichen, im Jahr 1800 auch in's Deutsche übersetzten Werke die Bewegung der Menschen und Thiere auf eine gemein verständliche und lehrreiche Art ab, und gab dadurch vielen Stoff zu noch weiterem Nachdenken.

Selbst die Kräfte der elastischen Federn entgingen nicht der Aufmerksamkeit der Mechaniker des achtzehnten Jahrhunderts, z. B eines Camus, de la Grange, Deschamps, Lexell, Manfredi rc. Diese nützlichen Kräfte, welche man bei Uhren und andern wichtigen Maschinen, auch bei Thür- und Flintenschlössern rc. zum Ziehen, Drücken, u. dgl. anwendet, hatte man in früherer Zeit keiner besondern Untersuchung gewürdigt.

§. 116.

Wie außerordentlich weit es überhaupt die praktische Mechanik seit den letzten fünfzig Jahren gebracht hat, zeigen ja insbesondere die vielen zu so mancherlei Zwecken neu erfundenen und verbesserten Maschinen, woran sich oft die feinste Mechanik offenbart. Auch die neuesten Schriften über die praktische Mechanik haben daher vor den ältern sehr auffallende Vorzüge. Die alten sogenannten Schauplätze der Maschinen, z. B. diejenigen des Besson, des Zeising, des Böckler, des Ramelli u. a. stifteten in jenen Zeiten allerdings manchen praktischen Nutzen.

So enthielt Bessons Schauplatz vom Jahr 1578 wirklich schon recht sinnreiche künstliche Maschinen, z. B. Sägemaschinen, Stampfmaschinen, Pressen, Hebzeuge, Wasserschöpfmaschinen, Feuerspritzen rc. Porta beschrieb im Jahr 1579, Cardan 1570 und 1582, Fludd 1618 manche künstliche, oft seltsame Maschinen. Ubaldi's Mechanik vom Jahr 1577 enthielt mehr die Grundlehren dieser Wissenschaft; sowie diejenige des Stevin vom Jahr 1596. Aus dem siebenzehnten Jahrhundert sind die mechanischen Werke des Baldi, des Galilei, des Torricelli, des

Baliani, des Schott, des Wallisius, des Casati, des Borelli, des Rohault, des de la Hire, Varignon u. a. noch immer berühmt. Und später waren diejenigen des Leupold vom Jahr 1724 bis 1726 noch nützlicher, weil schon der Anfang reiferer Mechanik in ihnen sichtbar war. Auch hatte schon im Jahr 1724 der Franzose Camůs ziemlich geordnete Anfangsgründe der Maschinenlehre entworfen. Indessen war doch dasjenige, was vom Jahr 1716 an bis auf die neueste Zeit Hermann, Belidor, Polhem, van Swinden, Cancrin, Krafft, Mönnich, Klügel, Poda, Baader, Langsdorf, Lempe, Prony, Nordwall, Rinmann, Pasquich, Wiebeking, Woltmann, Eytelwein, Borgnis, Christian, Nicholson, Buchanan nnd einige andere darin leisteten, bei weitem vorzüglicher und reichhaltiger, wie es wegen der vielen neuen Erfindungen auch ganz natürlich seyn mußte.

§. 117.

Nach der Griechen und Römer Zeit (§. 9 f.) ist bis zum sechszehnten christlichen Jahrhundert wenig für die Hydrostatik und Hydraulik gethan worden. Galilei war gegen Ende des sechszehnten Jahrhunderts der erste, welcher die Hydrostatik von neuem belebte und sie mit manchen wichtigen Entdeckungen bereicherte. Unter andern zeigte er, daß der Druck des Wassers auf einen waagrechten Boden dem Produkt aus der Höhe des Wassers in den Boden porportional sey. So lehrte er den Druck auf einen senkrechten und schiefen Boden, sowie auf die Seitenwand eines Gefäßes oder Behälters bestimmen. Ghetalti erweiterte ums Jahr 1603 die Hydrostatik noch; auch gab er ihren Lehren

durch zweckmäßige Versuche mehr Festigkeit. Dasselbe Verdienst erwarben sich auch Simon Stevin, David Rivalti, Mariotte, Robert Boyle, Franziscus Tertius de Lanis, Newton, Dechales, Wallisius, Rohault u. a.

Robert Boyle beleuchtete im Jahr 1680 das sogenannte hydrostatische Paradox vom Balanciren der dünnen und dicken Wassensäulen in Röhren und Gefäßen, die mit einander Gemeinschaft haben. Auf dieses Paradox gründeten mehrere Jahre nachher Wolff seinen anatomischen Heber, s'Gravesande seinen hydrostatischen Blasebalg, Höll seine Wassersäulenmaschine, Bramah und Real ihre hydrostatischen Pressen (§. 85 f.). Durch den Seitendruck des Wassers erklärte man in der Folge die sogenannte Reaktion oder Rückwirkung des Wassers (und anderer, auch der elastischen Flüssigkeiten).

§. 118.

Im achtzehnten Jahrhundert machten sich Varignon, Jacob und Daniel Bernoulli, d'Alembert, Euler und Kästner vorzüglich um den theoretischen Theil der Hydrostatik verdient. Den Druck des Wassers gegen andere Körper beleuchteten vor etwa fünfzig Jahren de Borda und Bossüt sehr schön. Ihre Untersuchungen findet man in den Parisern Memoiren aufbewahrt. Mit demselben Gegenstande, der für die Wasserbaukunst so wichtig ist, beschäftigten sich nachher de la Grange, Michelotti und Fontana, wie die Turiner und Veroneser Memoiren ausweisen. Auch Hermann, Karsten, d'Antoni, Mönnich, van Swinden, Mann, Chapman, Vince,

Eytelwein, Wiebeking u. a. hatten sich im achtzehnten Jahrhundert viele Mühe gegeben, über jenen Druck des Wassers das gehörige Licht zu verbreiten.

Varignon, Daniel Bernoulli, van Musschenbroek, Reaumür, Lavoisier und Brisson berichtigten im achtzehnten Jahrhundert die Lehre vom specifischen Gewicht der Körper. Im sechszehnten Jahrhundert konnte man darüber noch nichts Genaues aufweisen. Das erste Werk davon hatte Ghetaldi im Jahr 1603 zu Rom herausgegeben. Hauptsächlich hat Brisson im Jahr 1787 durch seine zahlreichen sorgfältig angestellten Versuche, deren Resultate er hernach so schön ordnete, sehr viel zur Vervollkommnung dieser Lehre beigetragen. Es läßt sich denken, daß auch die Werkzeuge zur Bestimmung der specifischen Schwere, sowohl die hydrostatischen Waagen (§. 94.), als auch die Aräometer, in demselben Zeitalter sehr vervollkommnet wurden. Boyle hatte vor dem Ende des siebzehnten Jahrhunderts mit seinem Aräometer die Bahn zu neuen Erfindungen gebrochen. Diese Bahn betraten in der Folge Leupold, Leutmann, van Musschenbroek, Fahrenheit, Montcony, Feville, de Lanthence, Gattey, Lindblom, Scannegatti, Faggot, Brander, Brisson, Baumé, Casbois, Ciarcy, Schmidt, Höschel, Richter, Quin, Tralles, Nicholson, Meißner u. a. Wie nützlich die Aräometer in unserer Zeit zur Bestimmung des specifischen Gewichts von gar mancherlei Flüssigkeiten, z. B. der Salzwasser, der Laugen, der Biere, der Brantweine, der Weine, der Oehle rc. angewandt werden, ist ja bekannt genug. Brisson gra=

duirte das Aräometer zuerst durch das eigne Gewicht des Instruments selbst, damit der Punkt des Einsenkens sogleich die Dichte der Flüssigkeit anzeige, ein Verfahren, welches man in der Folge mit Nutzen angewandt hat.

§. 119.

Auf manche gemeinnützige Gegenstände ist die Hydrostatik, besonders seit dem Anfange des achtzehnten Jahrhunderts, angewendet worden. So lehrte schon Euler das Einsinken der Schiffe im Wasser genau anzugeben und daraus die richtige Ladung zu bestimmen. Dasselbe thaten Polhem, Scheldon und Chapman. Der Bau der Schiffe, Kähne und Fähren, und die beste Stellung derselben auf dem Wasser, wurde vornehmlich durch Daniel Bernoulli, durch Bouguer, Euler, dû Hamel und Bossût auf feste Gründe gestützt. Auch andere ähnliche Erscheinungen, z. B. das Schwimmen der Menschen und Thiere, das Sinken und Steigen der Fische im Wasser, die ihren Grund ebenfalls aus der Hydrostatik herholen, gewannen im achtzehnten Jahrhundert an genaueren Bestimmungen. Schon im Jahr 1742 gab Bachstrom einen guten auf hydrostatische Theorien gestützten Unterricht im Schwimmen. Der berühmte Amerikaner Franklin, und der Franzose Thevenot thaten dasselbe, sowie später der Italiener Orontio de Bernardi, die Engländer Nicholson und Horsburgh, und der Deutsche Gutsmuths.

Schwimmgürtel, Wasserharnische und andere Schwimmkleider waren längst vorhanden. Aber erst im achtzehnten Jahrhundert lernte man durch Hülfe der berichtigten hydrostatischen Lehren auch diese besser einrichten.

besser und sicherer gebrauchen. So war es mit dem Schwimm-kürasse des Bachstrom, mit dem Schwimmkleide des Hasselquist, mit dem Scaphander des Lecombe, mit dem Schwimmgürtel des Keßler, mit dem Seewams des Spencer, mit dem Schwimmkragen des Scheffer u. s. w. Auch die erst in der letzten Hälfte desselben Jahrhunderts erfundenen Rettungsboote und andere Rettungsfahrzeuge des Greathead, des Bosquet, des Lukin, des van Houten, des Bateman u. a. verdankten ihre Einrichtung solchen hydrostatischen Grundsätzen.

§. 120.

Schüler vom großen Galilei waren eigentlich die Gründer der neuern Hydraulik. Kaum hatte Galilei die Gesetze der Bewegung schwerer Körper (§. 97 f.) bekannt gemacht, als man auch schon anfing, die Flußbewegung eben so, wie die Bewegung eines schweren Körpers zu bestimmen, der von einer schiefen Fläche herabläuft. Man suchte dann ferner die Gesetze zu erhalten, nach welchen ein mit Wasser gefülltes Gefäß ausläuft, um daraus über die Bewegung des Wassers Schlüsse ziehen zu können. Castelli war um's Jahr 1640 der erste, welcher anfing, die Geschwindigkeit des fließenden Wassers mit der Höhe des Wasserstandes (Wasserspiegels) über der Ausflußöffnung zu vergleichen. Er glaubte, durch Versuche seinen Satz bestätigt zu finden: die Geschwindigkeit des durch eine Oeffnung strömenden Wassers verhalte sich wie die Höhe des Wasserspiegels über der Oeffnung. Bald kam aber sein Irrthum an's Licht, denn nur ein Paar Jahre später entdeckte Torricelli das richtige Gesetz: die Geschwindigkeit des Wassers verhalte sich wie

die Quadratwurzel aus der Höhe des Wasserspiegels über der Oeffnung.

Newton, Baratini, Mariotte, Gulielmini, Michelotti, Bossut, Venturi, Banks, Helsham, Smeaton, Langsdorf, Eytelwein u. a. fanden dies Gesetz durch Versuche bestätigt. Die Versuche konnten mit Ausflußmengen in gewisser Zeit angestellt werden. Denn diese müssen sich natürlich eben so verhalten, wie die Geschwindigkeiten, weil bei einerley Ausflußöffnung zur doppelten Ausflußmenge auch doppelte Geschwindigkeit, zur dreifachen, vierfachen rc. Ausflußmenge auch doppelte, vierfache rc. Geschwindigkeit gehört. Baliani, Dechales, Mersenne, Hermann, Zendrini, Newton, Johann und Daniel Bernoulli, d'Alembert, Euler, Kästner, de la Grange, Karsten, Büat, Prony und Langsdorf bestätigten dasselbe Gesetz durch ihre theoretischen Untersuchungen.

§. 121.

Gulielmini und Bossut lieferten Beobachtungs-Tafeln über die ausfließende Wassermenge. Hingegen das Verhältniß der Weite der Oeffnung zu der Zusammenziehung des Wasserstrahls, oder den herausschießenden Wasserkörper, suchten vorzüglich Newton, Poleni und Bossut zu bestimmen. Mehrere Mathematiker, wie z. B. Kästner und Karsten gaben über die allmälige Beschleunigung des ausfließenden Wassers Formeln an die Hand, die sie auf Behältnisse mit Röhrenleitungen anwenden wollten. Diese Formeln hatten aber den davon erwarteten Nutzen nicht; denn sie bezogen sich eigentlich auf erdichtete Gegenstände und auf

unstatthafte Voraussetzungen. So hatten sich auch die Bernoulli's, d'Alembert, Euler und de la Grange Mühe gegeben, die Hydraulik (sowie manche andere praktisch-mathematische Wissenschaft) eben so, wie die reine Mathematik vorzutragen. Und dies war den Fortschritten der Hydraulik in der That eben so hinderlich, als die Abneigung der Empiriker gegen alle Theorie. Jene berühmten Männer schrieben nämlich der Bewegung des Wassers Gesetze vor, ohne sich darum zu bekümmern, ob auch die Natur diesen Gesetzen Gehorsam leiste. Viel zweckmäßiger und für die Praxis nutzbarer gingen Bossût, du Buat, Michelotti, Helsham, Banks, Prony, Venturi, Wiebeking, von Baader und Langsdorf zu Werke. Denn diese verglichen ihre Theorien stets mit der Ausübung, prüften sie genau und ließen sie auf keine andere Weise als empfehlenswerth passiren.

§. 122.

Daniel Bernoulli hatte übrigens im Jahr 1738 das erste Buch geschrieben, worin die Hydrodynamik ausführlich behandelt war. Er gründete diese Wissenschaft auf das Gesetz der Erhaltung lebendiger Kräfte, welches sein Vater Johann Bernoulli erfunden hatte. Beide, Vater und Sohn, hatten im Jahr 1729 zuerst die Gesetze aufgestellt, nach welchen die Bewegung flüssiger Massen von gegebenen Kräften beschleunigt wird. Vorher kannte man blos die Bewegung des Wassers im Beharrungsstande und gründete fast die ganze Hydraulik auf die meistens aus Versuchen geschlossenen Lehren von der Bewegung des Wassers aus kleinen Oeffnungen.

Das erste brauchbare Lehrbuch der Hydrodynamik in deutscher Sprache gab Kästner im Jahr 1769 heraus. Ueber ein Dutzend Jahre nachher machte sich Langsdorf durch scharfsinnige hydrodynamische Untersuchungen berühmt; und ums Jahr 1792 erhielten wir in unserer Muttersprache durch Langsdorf die Hydrodynamik des Bossút.

§. 123.

La Grange, welcher das Flüssige als selbstständige vollkommen bewegliche Theilchen ansah, brachte die Gesetze vom Gleichgewicht und der Bewegung der Flüssigkeiten auf allgemeine Gleichungen. Er ließ nur noch die Aufgabe übrig, einzelne Fälle in Hinsicht der Integrationen zu betrachten. Mit dieser Aufgabe beschäftigten sich in der neuesten Zeit die Analytiker Italiens, vornehmlich Venturoli, recht glücklich.

Aber nicht blos theoretisch wurde die Hydraulik in Italien mit wesentlichen Entdeckungen bereichert, sondern auch in praktischer Hinsicht schritt dieselbe Wissenschaft wesentlich vorwärts. So hatte z. B. der Conte Fossombroni im Jahr 1789 von den Versuchen der Toskaner erzählt, das Thal der Chiana von den vielen verheerenden Ueberschwemmungen zu befreien; auch hatte er zugleich seine Vermutungen über den frühern Zustand der Gewässer dieser Provinz ausgesprochen. Das wurde nachher auch durch eine in der alten Benediktiner-Abtey von Arezzo aufgefundene topographische Charte aus dem dreizehnten Jahrhundert bestätigt. Die Gebiete des Arno und der Chiana waren nämlich, wie man den Vorgang erzählt, von einander getrennt, und auf ihrem bedeutenden Zwischenraume stand stilles Was-

ser, gleichsam als Sumpf, und verpestete die Gegend. Torricelli, Cassini, Viviani und Perelli waren vergeblich in Rath genommen worden, und erst vor wenigen Jahren glückte es dem Manetti die Wasser aus dem toskanischen Theile des Thales in das Bette des Arno hineinzutreiben.

§. 124.

Sehr wichtig für mancherley Anwendungen waren die im Jahr 1775 und 1779 angestellten Betrachtungen des Bossût und des dû Bûat über den Ausfluß des Wassers aus Röhrenleitungen, weil sie Resultate gaben, woraus man die Geschwindigkeiten und den Druck des Wassers, die richtige Weite der Röhren und die Stärke der Röhren-Wände bestimmen lernte. Zwar hatten schon Parent, Belidor und Cancrin ähnliche Regeln aus der Erfahrung gesammelt; aber bei diesen Regeln war nicht zugleich auf die Theorie Rücksicht genommen worden. Nur da, wo die Theorie und Praxis Hand in Hand gingen, ließ sich etwas Vorzügliches erwarten. — Die erst vor wenigen Jahren von Prechtl in Wien angestellten Betrachtungen über die Stärke der Röhrenwände, enthalten recht viel Nützliches.

§. 125.

Kästner zeigte (in seiner Hydrodynamik) mit vieler Gründlichkeit die Anwendung der Lehre vom Druck des Wassers auf Dämme, Schleusen und Wehre, um diese so dauerhaft und zweckmäßig, wie möglich, einrichten zu können. Bûat füllte unter andern auch dadurch eine große Lücke in der Lehre von der Bewegung flüssiger Körper aus, daß er die Gesetze auffand, nach denen in langen Wasserlei-

tungen die Verzögerung oder der Widerstand erfolgt, sowie das Verhältniß, worin dieser Widerstand mit der Länge und Weite der Röhren und der Geschwindigkeit des darin fortbewegten Wassers steht. Zur Bestimmung desselben Widerstandes gab er ein allgemeines Maaß an, welches auf jeden einzelnen Fall paßte. Vorher war diese Aufgabe noch nie richtig aufgelößt worden. Da Büats aus vielen angestellten Versuchen hergeleitete Formel immer sehr gut paßte, so war es kein Wunder, daß sie großen Beifall erhielt.

§. 126.

Das Verhältniß der Röhrenweite suchten schon zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts Carré und Römer zu berichtigen, wie man aus ihren Abhandlungen in den Pariser Memoiren sieht. Nachher thaten dies auch Johann, Jakob und Daniel Bernoulli in den Petersburger Commentarien und Acten, sowie Bonati und Lorgna in den Memoiren von Verona.

Daß bei Röhrenleitungen Wasser, welches hindurchfließt, an Geschwindigkeit verliert, wenn die Röhren nicht immer geradeaus gehen, wußte man längst; aber das Verhältniß dieses Verlustes kannte man noch nicht. Erst Venturi stellte darüber sorgfältige Versuche an, um den Verlust an Geschwindigkeit, folglich auch an Wassermenge bei dieser oder jener Biegung der Röhren in Erfahrung zu bringen. Die Resultate seiner Versuche konnten nicht anders als nützlich seyn. Eben so hatte man auch gewußt, daß das Wasser durch Adhäsion an die Röhrenwände einen Theil seiner Geschwindigkeit verliert; aber wie viel dies beträgt, wurde erst in der letzten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts durch

die Versuche des Huth, Bûat und Achard in Richtigkeit gebracht.

§. 127.

So wichtig alle diese Untersuchungen da seyn mußten, wo Wasser durch Röhren läuft, in Röhren hinaufzutreten gezwungen wird ꝛc., so waren es diejenigen über die Bewegung des Wassers in geradeaus gehenden prismatischen Kanälen nicht minder. Die hier einschlagenden Lehren von dem Durch- und Ausfluß des Wassers, von der Geschwindigkeit desselben, von den Hindernissen der Bewegung ꝛc. sind vornehmlich von Poleni, Gulielmini, Manfredi, Grandi, Bossût, Bernard und Wiebeking mit großem Fleiß bearbeitet worden.

Schon Galilei, Manfredi, Grandi, Castelli, Varignon, de la Hire, Daniel Bernoulli, Gulielmini, Mariotte, Cassini, Montonari, Barattieri, Fontana, Euler, Zendrini, Brouncker, Couplet, Saulmon, Frisi, Pitot, Elvius, s'Gravesande, Lulols u. a. suchten die Geschwindigkeit des fließenden Wassers in Kanälen, Flüssen ꝛc. zu bestimmen. Später thaten dies mit noch mehr Erfolg Silberschlag, Bonati, Lecchi, Hennert, du Bûat, Young, Cousin, Ximenes, Woltmann, Brünings, Lorgna, Langsdorf, Michelotti, Eytelwein ꝛc. Stimmten auch bei diesen Männern die Resultate nicht auf das Genaueste überein, so berichtigten sie doch die Hydraulik der neuesten Zeit nicht wenig.

§. 128.

Die erste Theorie von der Geschwindigkeit der Flüsse

verdanken wir dem Galilei. Er gründete sie auf das Gesetz, nach welchem feste Körper an einer schiefen Ebene heruntergleiten. So mußte denn die Geschwindigkeit blos auf die Höhe des Abfalls (des Gefälles) ankommen, und deswegen der Quadratwurzel aus dieser Höhe proportional seyn. Die Theorie des Silberschlag und des dû Bûat beruhte auf ähnlichen Sätzen, wie die des Galilei. Aber dû Bûat nahm auch auf die Rauhheiten am Boden der Flüsse und andere Hindernisse die gehörige Rücksicht, wodurch Aenderungen der Geschwindigkeit überhaupt und Aenderungen vom Boden bis zur Oberfläche entstanden. Castelli, welchen Montonari, Cassini, Barattieri und einige andere beipflichteten, setzte die Geschwindigkeit der Höhe des Wassers; Gulielmini aber, dem Grandi, Zendrini, Frisi, s'Gravesande, Lulols, Lecchi, Hennert u. a. beistimmten, den Quadratwurzeln aus der Höhe des Wassers proportional. Jene erhielten eine trianguläre, diese eine parabolische Skale der Geschwindigkeiten. Brünnings und Woltmann zeigten, jeder auf eigne Art für sich, daß weder die eine, noch die andere jener Skalen zu richtigen Resultaten führe.

Euler hatte die Bewegung des Wassers sogar in dem Zustande betrachtet, wo es, wie zur Sommers- und zur Winterszeit, eine verschiedene Temperatur hat. Das war allerdings ein feiner, scharfsinniger Gedanke, womit man aber in der Praxis nicht viel ausrichtete.

§. 129.

Wichtig zur praktischen Bestimmung der Geschwindigkeit des fließenden Wassers waren eigne dazu erfundene Werk=

zeuge, welche Strommesser genannt werden. Schon Mariotte, Gulielmini, Castelli, Muratori, Barattieri, Leupold u. a. bedienten sich schwimmender Vorrichtungen, pendelartiger Stäbe, kleiner vom Wasser umgetriebener Schaufel- oder Flügelrädchen u. dgl. um damit die Geschwindigkeit oder Stärke des fließenden Wassers zu bestimmen. Der Franzose Pitot erfand ums Jahr 1735 die Röhre, welche von ihm Pitotsche Röhre genannt wurde. Senkte man diese Röhre vertikal in fließendes Wasser, so stieg letzteres darin desto höher empor, je größer seine Geschwindigkeit war. Der berühmte holländische Hydrotekt Brünings bemerkte zuerst, daß die Röhre in irgend einer beträchtlichen Tiefe nicht gut anzubringen sey, und daß auch das Wasser in der Röhre stets oscillire. Er gab daher ein eignes Tachometer an, bestehend aus einem Pfahle mit einer herumgehenden Hülse, durch die eine Stange horizontal hindurch geschoben werden konnte. Vorn an der Stange daß eine Tafel und hinten eine Schnur, die hinaufwärts um eine Rolle bis zu dem kurzen Arme eines der Schnellwaage ähnlichen Hebels ging. Die Tafel kam in das fließende Wasser, von dessen Gewalt die horizontale Stange hineingeschoben wurde, und zwar um so mehr, je stärker jene Gewalt war. Durch das Gegengewicht (den Läufer) am Hebel konnte man die Gewalt gleichsam abwägen und auch an einem Zeiger (Zünglein), der an einem Quadranten herausspielte, konnte man sie auch sehen. — Lorgna's Wasserhebel, sowie Michelotti's Schnellwaage waren schon dieser Vorrichtung ähnlich gewesen; Ximenes Wasserfahne, die durch den Wasserstoß gedreht wurde, und wegen dieser Dre-

hung auf einen über einer eingetheilten Scheibe angebrachten Zeiger wirkte, war nicht so bequem zu gebrauchen. Ueberhaupt gaben diese Vorrichtungen die Geschwindigkeit des Wassers nicht unmittelbar, sondern nur die Stärke des Wasserstoßes an. Das war auch mit dem Stromquadranten (einem Quadranten mit Pendel) der Fall, womit selbst Eytelwein noch zu Ende des achtzehnten Jahrhunderts Versuche anstellte.

§. 130.

Silberschlags, um's Jahr 1772 in Vorschlag gebrachte hohle polirte Kugel, die auf dem Wasser fortschwimmen mußte, gab die Geschwindigkeit unmittelbar an, aber nur auf der Oberfläche. Es gehörte eine gute Sekundenuhr dazu. Woltmann's hydrometrischer Flügel, welcher um's Jahr 1790 erfunden wurde, bestimmte ebenfalls sogleich die Geschwindigkeit selbst. Sehr zarte schief gestellte Flügelchen, wie Windflügel an einer dünnen Welle befindlich, wurden vom Wasser so umgetrieben, daß sie die Geschwindigkeit des Wassers selbst erlangten. Ein Paar feine Schraubengänge in der Mitte der Welle schoben ein Stirnrad herum, an welchem man die Anzahl der Umdrehungeu der Flügelchen mittelst eines an dem Gestelle befestigten Zeigers, leicht absehen konnte. — Aehnliche, aber viel unvollkommnere hydrometrische Flügel hatten schon Muratori, Gennele u. a. gebraucht. Es versteht sich, daß diese Vorrichtungen an einem zweckmäßigen Gestelle angebracht seyn mußten.

§. 131.

Die Lehre vom Widerstande oder vom Stoße des Wassers ist für den Bau der Wasserräder, der Schleusen 2c.

äußerst wichtig, aber auch sehr schwierig. Newton, Daniel Bernoulli, d'Alembert, Euler, Kästner, Lambert, Langsdorf u. a. haben sie der tiefsten Untersuchung werth gehalten. Nach und nach stellten andere berühmte Männer, wie s'Gravesande, Krafft, Bossüt, dü Büat, de Borda, Chapman, Vince, Ximenes, Woltmann, Brünings, Gerstner, Nordwall ꝛc. eine Menge Versuche darüber an, die alle dahin abzweckten, ein allgemeines Gesetz angeben zu können, wonach sich die Stärke des Stoßes bestimmen ließe.

Die Theorie der unterschlächtigen Wasserräder, die der Stoß des Wassers unten an die Schaufeln in Umdrehung setzt, beruhte in der Hauptsache auf jener Lehre des Wasser-Stoßes. Parent, Pitot, Cassini und de la Hire scheinen vom Ende des siebzehnten Jahrhunderts an die ersten gewesen zu seyn, welche ernsthafte Untersuchungen über den Wasserstoß bei solchen Rädern anstellten. Ihnen folgten Martin, dü Bost, Waring, Williams, Belidor, Deparcieux, Kästner, Riebel, Karsten, Lambert, Klügel, Mönnich, Silberschlag, Geuß, Brünings, Hennert, Bicker, Huth, Wilke, Langsdorf, Gerstner, Bucquet, Fabre, Parrot, Eytelwein, Eiselen, Buchanan, Schmidt, Banks, Rinman, Nordwall, Borda, Burg u. a. Wie wenig aber oft die Theorie der geschicktesten Männer mit der Erfahrung übereinstimmte, zeigte unter andern die Theorie des Bossüt und des Schmidt; die Klügel'sche Theorie wich noch am wenigsten von der Erfahrung ab. Nordwalls Regeln über die Größe der unterschlächtigen Wasserräder und

über die Anzahl ihrer Schaufeln mußten um so nützlicher gefunden werden, da sie Resultate einer großen Anzahl in Schweden angestellter Versuche waren.

John Smeatons zahlreiche Versuche darüber waren gleichfalls sehr lehrreich. Er sowohl, wie Nordwall, brachten die Resultate ihrer Experimente in Tabellen, die für den Praktiker großen Nutzen haben konnten.

§. 132.

Die im Jahr 1759 von dem Franzosen Deparcieux erfundene neue Schaufelstellung ist wenig angewendet worden; die gekröpften Schaufeln, wie Eiselen zu Berlin sie im Jahr 1800 angab, fanden dagegen mehr Beachtung. Mühlen mit horizontalen Wasserrädern, deren Schaufeln eine löffel- oder muschelförmige Gestalt haben, waren in Italien, in Frankreich, in Schweden und in der Türkey schon längst üblich; in Deutschland sind sie aber nie eingeführt worden.

Eine besondere Art von unterschlächtigen Wasserrädern erfand um's Jahr 1819 Lambert in London. Die Schaufeln desselben stehen in senkrechter Lage gegen die Oberfläche des Wassers, welches sie durchschneiden müssen, und behalten bei jeder Richtung des Rades diese Stellung bei. Wenn Lambert auch manche Vortheile eines solchen Rades den Praktikern vor Augen legt, so müssen einsichtsvolle Hydrauliker doch wieder mancherley Mängel daran finden, die es wohl schwerlich zu irgend einer ernsthaften Anwendung werden kommen lassen.

§. 133.

Mit der Theorie der oberschlächtigen Wasserräder, die eigentlich nur durch das Gewicht des in ihre Zel-

len fallenden Wassers in Bewegung gesetzt werden sollen, waren von jeher viele Schwierigkeiten verbunden. Deswegen kamen auch immer so verschiedenartige Resultate zum Vorschein. Karsten und Bossût behandelten diese Wasserräder so, als wenn gar keine Schwierigkeiten dabei vorkommen könnten. Kästner aber ging schon viel ernstlicher damit zu Werke. Er stellte (in seiner Hydrodynamik) über die Schwungkraft des Wassers und über den Einfluß derselben auf das frühere Ausschütten der Zellen schöne Betrachtungen an. Aber über die Verminderung des Wasserdrucks in den Schaufeln, welche von der Schwungkraft abhängt, brachte er nichts an den Tag. Langsdorf gründete seine Theorie auf unmittelbare Beobachtungen; dadurch vereinfachte und berichtigte er sie möglichst. Sie mußte daher wohl vor allen übrigen Theorien, auch vor der Lambertschen, Klügelschen rc. immer bedeutende Vorzüge behalten. — Desaguliers, Belidor, Smeaton, Lambert, Borda und Deparcieux haben gleichfalls manches Lehrreiche, wenn auch nicht immer gleich Anwendbares, über solche Räder mitgetheilt.

Daß Regeln, aus der Erfahrung hergeleitet, auch für oberschlächtige Wasserräder sehr nützlich seyn mußten, zeigten unter andern die Bemühungen der verdienstvollen schwedischen Mechaniker Rinman und Nordwall.

§. 134.

Ein merkwürdiges oberschlächtiges Rad ist des Engländers Burns Rad ohne Welle; aber noch merkwürdiger ist dasjenige Eimerwerk, welches, bei hohem Gefälle, die Stelle eines oberschlächtigen Wasserrades vertreten soll. Das Wasser füllt auf der einen Seite die Eimer, welche, wie ein

Paternosterwerk, an einer Kette ohne Ende befestigt sind. Diese Kette ist um zwei oben und unten über einander befindliche Wellen geführt, wovon die eine diejenige ist, welche ihre umdrehende Bewegung durch ein Räderwerk (Mühlwerk) weiter fortpflanzt. — In Schottland befinden sich solche Eimerwerke.

Eine umgekehrte Kettenpumpe hatte Cooper schon im Jahr 1784 statt des oberschlächtigen Wasserrades da vorgeschlagen, wo ein starkes Gefalle zu Gebote steht. Später empfahl auch Robison eine solche Vorrichtung dazu. Die halboberschlächtigen oder mittelschlächtigen Räder, auch Sackräder genannt, sind in der neuern Zeit hauptsächlich von den Engländern Smeaton, Lloyd, Ostel, Strutt, u. a. verbessert worden.

§. 135.

Von der Rückwirkung oder Reaction (§. 58.) des Wassers haben die Bernoulli's zuerst geschrieben. Mit vielem Scharfsinn bearbeiteten diese Lehre nachher Euler, Krafft, Karsten, Kratzenstein, Bossút und Langsdorf. Die unter dem Namen Segnersches Wasserrad von Segner in Göttingen im Jahr 1747 erfundene Reactionsmaschine (§. 58.) gründete sich darauf. Man versprach sich von dem Effekt dieser Maschine sehr viel; doch entsprach sie nicht den Erwartungen, welche man von ihr hatte, wie aus den Bemühungen des Krafft, Barker und Hollenberg hervorging. Der Engländer Barker, welcher sie zur Betreibung einer Mahlmühle ohne Rad und Trilling anzuwenden suchte, setzte den Läufer auf die Welle des umlaufenden hohlen Cylinders, aus dessen horizon=

talen Röhren das Wasser seitwärts ausströmte. Die Mühle ging aber selbst dann nicht lange, als der Franzose de la Cour sie um's Jahr 1775 und der Engländer Rumsey im Jahr 1795 verbessert hatte. Der durch seine Sprachmaschine und seinen mechanischen Schachspieler bekannte Herr von Kempele ließ Dämpfe von kochendem Wasser in den Cylinder strömen, wodurch dieser, wegen des Ausströmens aus den horizontalen Seitenröhren, gleichfalls in Umdrehung kam; und so hatte man denn eine Dampfmühle ohne Rad und Trilling.

Langsdorf gründete seine neue Saugschwungmaschine in der Hauptsache auf das Segnersche Wasserrad, indem durch die Umdrehung einer hohlen Welle, vermöge der Rückwirkung, und durch das Auslaufen des Wassers aus den Seitenöffnungen von horizontalen Armen ein luftleerer Raum in der Welle entstand, in den das Wasser, worin die Welle gesetzt war, stets emporstieg.

§. 136.

Die Eigenschaften der Luft, mathematisch betrachtet, wurden zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts von dem Freiherrn von Wolff zuerst in ein System gebracht. Dadurch erhob sich dieser verdienstvolle Gelehrte gleichsam zum Schöpfer derjenigen mathematischen Disciplin, welche Aerometrie genannt wird. Wolffs Untersuchungen betrafen aber meistens nur das Gleichgewicht der Kräfte, die auf die Luft wirkten. Erst später gewann diese Wissenschaft einen größern Umfang, als man auch mehrere andere sogenannte elastische Flüssigkeiten, außer der atmosphärischen Luft, mit in die Untersuchungen zog, und als Daniel Bernoulli,

d'Alembert und Euler die Gesetze der Bewegung jener elastischen Flüssigkeiten, mit Hülfe der vervollkommneten Analyse auszuspähen suchten.

Bernoulli gründete seine Untersuchungen auf die Erhaltung lebendiger Kräfte; Euler zeigte aber, wie sich manche andere Grundsätze der Mechanik auch hier anwenden ließen und wie die Rechnung geführt werden müsse, wenn man die Aufgaben genau und richtig auflösen wolle. — Karsten trug die ganze Lehre von der Bewegung flüssiger elastischer Materien unter dem Namen Pneumatik vor.

§. 137.

Auf ähnliche Art, wie man über den Stoß des Wassers Untersuchungen angestellt hatte, machte man es auch mit dem Stoße oder Widerstande der Luft, wie diejenigen Untersuchungen darüber ausweisen, die wir im achtzehnten Jahrhundert dem Euler, Karsten, Schober, Lambert, Hutton, Smeaton, Woltmann, Brünings u. a. verdanken. So fand z. B. Hutton, daß der Widerstand der Luft auf eine gegebene Fläche sich immer verhalte, wie das Quadrat der Geschwindigkeit. Man wandte diese Lehre auf die Theorie der Windmühlenflügel (§. 40.) an, worin Parent, Euler, Lambert, Karsten, Gower, Coulomb, Lulofs, Fester, Gilpin, Claußen, Smeaton, Langsdorf u. a. viel geleistet hatten, um z. B. die wahre Gestalt und den Winkel der Flügel gegen die Umdrehungsaxe zu bestimmen. Mit der Theorie reichte man freilich auch hier nicht aus; man mußte auch Erfahrungen mit zu Hülfe nehmen, wenn man in der Praxis nicht große Fehler begehen wollte. So mußten z. B. Regeln, die aus

Versuchen flossen, wie Gower und Smeaton sie anstellten, von besonderm Nutzen seyn.

§. 138.

Anemometer oder Windmesser zur Bestimmung der Stärke oder Geschwindigkeit jedes Windes gab schon im siebzehnten Jahrhundert Mariotte an, sowie nicht lange darauf Bouguer, Wolff, Leupold, und wieder nach mehreren Jahren Ons-en-Bray, Lomonosou, Zeiher, Schober und Polhem, sowie in noch neuerer Zeit von Dalberg (nachmaliger Fürst Primas und Großherzog von Frankfurt), Wilke, Pelisson, Oertel und Woltmann. Einige von diesen Windmessern, wie z. B. diejenigen des Mariotte, des Bouguer, des Dalberg und des Oertel, zeigten die Stärke des Windstoßes durch den Winkel an, den eine ebene vertikale Fläche, vom Winde getroffen, mit einer andern Fläche machte; oder durch ein Gewicht, welches durch den veränderten Winkel jener Fläche gehoben wurde. Das Dalbergische Anemometer war zugleich so eingerichtet, daß die Beobachtung mit demselben in einem Zimmer geschehen konnte, während die Fläche selbst außerhalb des Gebäudes der Richtung des Windes entgegenstand, und daß man damit zugleich die Neigung des Windes gegen den Horizont zu bestimmen vermochte. Den Windmesser des Oertel unterwarf Kästner einer sorgfältigen Prüfung. Zugleich gab er eine Formel zu einer leichtern Benutzung dieses Instruments. Die Windmesser des Wolff, des Leupold, des Ons-en-Bray, des Schober, des Woltmann und einige andere bestanden aus Flügelchen, welche vom Winde sehr leicht mußten umgedreht werden. Sie sollten die Ge-

schwindigkeit des Windes unmittelbar angeben, und zwar nach der Peripherie, welche die Flügelchen beschrieben. Die Flügelwelle hatte bei Woltmanns Anemometer, eben so wie bei dessen Strommesser (§. 130.), ein Paar Schraubengänge, welche in ein Stirnrad eingriffen. Eine Umdrehung der Flügelchen schob einen Zahn des Rades weiter; daher konnte man durch Abzählen der fortgeschobenen Zähne leicht die Anzahl von Umdrehungen der Flügelchen in gewisser Zeit gewahr werden.

§. 139.

Das sogenannte Anemobarometer, welches Wilke in Schweden um's Jahr 1781 erfand, und gleichfalls zur Bestimmung der Wind-Stärke dienen sollte, zeichnete sich durch eine sinnreiche Einrichtung aus. Auch die Windweiser oder Anemometrographe, welche in Abwesenheit des Beobachters die Veränderungen in der Richtung des Windes selbst aufzeichnen mußten, verdienten als Produkte des menschlichen Scharfsinns gepriesen zu werden. Der Engländer Hook brachte schon am Ende des siebzehnten Jahrhunderts solche Instrumente in Vorschlag. Leupold und Graf Onsanbruck thaten dasselbe zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts. Aber diese Werkzeuge trugen noch zu viele Spuren von Unvollkommenheiten an sich. Erst im Jahr 1782 wurden sie durch Moscati und Landriani bedeutend vervollkommnet.

So konnte man allerdings noch manche auf den Stoß des Windes Bezug habende Erfindungen machen, wozu unter andern auch die gehört, mittelst einer eignen großen Windauffangungsfläche eine Windmühle stets von selbst nach dem Winde drehen lassen.

§. 140.

Eine sehr wichtige Kraft zur Bewegung des Wassers ist der Druck der Luft vermöge ihrer Schwere. Schon die Alten wußten es, daß das Wasser in Saumpumpen (§. 49.) nur bis auf eine gewisse Höhe (30 bis 32 Fuß) emporgehoben und durch Heber fortgeleitet werden konnte. Aber die Ursache von diesen und ähnlichen Wirkungen kannten sie nicht. Denn sie betrachteten die Luft ganz ohne Schwere und erklärten jene Erscheinungen blos durch einen Abscheu der Natur gegen den leeren Raum. Galilei spürte der Ursache dieser Erscheinungen genauer nach; aber auch er brachte sie noch nicht in Erfahrung. Denn er meinte, die Natur habe eine Abneigung gegen den leeren Raum nur bis auf eine gewisse Gränze. Erst sein Schüler Torricelli entdeckte um's Jahr 1643 die wahre Ursache, nämlich die Schwere der Luft, welche mit einer Quecksilbersäule von 27 bis 28 Zoll oder mit einer Wassersäule von 30 bis 32 Fuß balancirte, sobald sie nur von einer Seite auf diese Flüssigkeit wirkte, und auf der andern keine Luft, folglich kein Gegendruck sich befände. Mersenne, Pascal u. a. fanden bald diese Entdeckung völlig bestätigt.

Indessen sind allerdings auch einige Gründe vorhanden, daß Descartes schon vor Torricelli richtige Begriffe von der Ursache des Saugens gehabt habe. Er erklärt nämlich in Briefen an Mersenne die Erhebung des Wassers und dessen Hängenbleiben in dem Stechheber, sowie die Erhaltung des Quecksilbers in einer oben verschlossenen Röhre, aus dem Drucke der Luft. Da aber die Data der Briefe un=

gewiß sind, so läßt sich auch die Priorität der Entdeckung des Descartes nicht mit Gewißheit behaupten.

§. 141.

Wie nützlich die Elasticität der Luft als Kraft zum Emportreiben von Wasser benutzt werden kann, zeigt ja der Heronsbrunnen, die Höll'sche Luftsäulenmaschine und der Windkessel der Feuerspritzen und anderer Druckwerke. Diese Elasticität oder ausdehnende Kraft erhielt die Luft durch Zusammenpressen derselben vom Wasser selbst. Aber auch durch Wärme kann man die Luft so ausdehnen, daß sie dann eine bedeutende Kraft auszuüben vermag. Der sogenannte Lichterbrunnen, ein kleiner Springbrunnen, worin Wasser dadurch zum Springen gebracht wird, daß die Hitze von ein Paar brennenden Lichtern eine kleine, mit dem Wasser in Verbindung stehende eingesperrte Luftmasse ausdehnt, war schon längst erfunden, aber nur zu physikalischen Versuchen gebraucht worden. Vor ohngefähr zehn Jahren aber erfanden Montgolfier und Dayme in England eine Maschine, welche durch Ausdehnung und Zusammenziehung erhitzter Luft wirkt und zum Wasserheben, zur Treibung von Mühlen u. dgl. soll gebraucht werden können. Schon vorher hatten Niepce und Cagniard-Latour in Paris ähnliche Maschinen erfunden, aber nur im Kleinen ausgeführt. Auch Woisard machte eine solche Maschine von eigner Art bekannt.

So haben nun alle Zweige der mechanischen Wissenschaften in der neuesten Zeit eine bewunderungswürdige Höhe erreicht; und da besonders zu den zahlreichen Erfindungen in dem Maschinenwesen fast täglich neue hinzukommen, so läßt sich denken, daß diese Höhe noch nicht einmal die größte er-

reichbare ist, daß man vielmehr noch immer weiter emporsteigen werde.

Zweiter Abschnitt.

Geschichte der optischen Wissenschaften.

§. 142.

Die Gesetze aller Erscheinungen, welche vom Lichte abhängen, werden in derjenigen mathematischen Disciplin untersucht, welche den allgemeinen Namen Optik führt, aber auch wieder in die einzelnen Theile Optik, Katoptrik und Dioptrik zerlegt wird, je nachdem die mathematischen Untersuchungen über das Licht gerade ausgehende Lichtstrahlen oder zurückgeworfene Lichtstrahlen, oder gebrochene Lichtstrahlen betreffen. Auch blos die Untersuchungen über die Stärke des Lichts werden oft zu einer eignen optischen Wissenschaft, die Photometrie, erhoben, sowie in der Perspectiv Regeln gegeben werden, sichtbare Gegenstände auf einer Fläche so abzubilden, daß die Gemälde dieselbe Wirkung im Auge machen, wie die Gegenstände selbst.

Da wir blos vermöge des Lichts, welches von den um uns befindlichen Körpern hinwegströmt und auch unsere Augen trifft, Eindrücke von diesen Körpern in die Augen bekommen, folglich diese Körper sehen, so sind die Haupt-Benennungen obiger Disciplinen (von ὄπτω, ich sehe) leicht zu erklären. Man muß nämlich zugleich wissen, daß die erste be-

kannt gewordene optische Untersuchung, welche die ältesten (griechischen) Philosophen machten, die Natur des Sehens betraf.

§. 143.

Wie kommt es, daß wir Körper sehen, wenn sie entweder mit eignem Lichte leuchten oder wenn Licht auf sie fällt? Diese wichtige Frage mußte sich wohl jedem denkenden Menschen schon im Alterthum aufdrängen; und deswegen ist es kein Wunder, daß Männer wie Pythagoras, Plato, Aristoteles, Euclides, Democrit, Hipparch, Epicur, Lucretius, Seneca u. a. diese Frage zu beantworten suchten. Da kamen denn freilich, in Vergleich gegen unsere jetzigen Kenntnisse, manche unrichtige, ja seltsame Erklärungen zum Vorschein.

Nach Pythagoras Meinung sehen wir jene Körper deswegen, weil sich beständig Theilchen, gleichsam Häute, von ihrer Oberfläche ablösen; und da diese Theilchen beständig in unsere Augen fliegen, so müssen die Körper dadurch unserer Seele bemerkbar werden. Democrit und Epicur nahmen etwas ähnliches an, nämlich Bilder, welche von den Gegenständen in das Auge kämen. Nach Empedocles, Hipparch und Plato strömen beständig eine Art feiner unsichtbarer Ruthen sowohl aus den Körpern, als auch aus unseren Augen; diese Ruthen träfen sich unterweges und stießen einander beständig zurück. Aristoteles, der sehr viel vom Lichte redet, hielt das Licht für etwas Unkörperliches. Indem er sich aber über eine gewisse Kraft, die das Sehen bewirkte, erklären wollte, so drückte er sich so undeutlich darüber aus, daß man ihn nicht recht verstehen konnte.

§. 144.

Es gab indessen manche Licht-Erscheinungen, welche die Alten entweder richtig erklärten, oder doch ziemlich richtig beurtheilten. So kannten die Platoniker schon, nicht blos die geradlinichte Fortpflanzung des Lichts, sondern auch die Art seiner Zurückwerfung oder Reflection, wenn es auf dunkle undurchsichtige Körper stößt; sie wußten, daß der Zurückstrahlungswinkel dem Einfallswinkel gleich ist. Das letztere konnten sie ja an Sonnenstrahlen beobachten, die auf still stehendes Wasser oder auf einen andern glatten Körper fielen, oder an Bildern von Gegenständen, die sich auf solchen blanken Flächen präsentiren. Zogen sie auch nur in Gedanken eine gerade Linie vom Auge und eine andere von irgend einem, auf jener blanken Fläche sich als Bild darstellenden, Gegenstande bis an die Stelle des Bildes auf der blanken Fläche, so hatten sie ja jene Winkel, deren Gleichheit sie wenigstens tariren konnten. Auf die geradlinichte Fortbewegung der Lichtstrahlen, namentlich der Sonnenstrahlen, und auf die Gleichheit des Einfalls- und Zurückprallwinkels gründeten die Alten hauptsächlich ihre Optik.

§. 145.

Wenn schon Bilder auf Wasser oder auf sonstigen blanken Flächen die Aufmerksamkeit der Alten erregten, so mußten manche andere gleichfalls vom Lichte abhängige Erscheinungen es noch mehr thun, wie z. B. die Vergrößerungen und Verkleinerungen der Bilder auf blanken hohlen und erhabenen Körpern, oder in erhabenen und vertieften durchsichtigen Massen; die Verzerrungen der Bilder; das Doppelt- oder Gebrochen-Erscheinen mancher in Wasser befindlicher

Körper; das Sammlen der Sonnenstrahlen in Hohlspiegeln und erhabenen Gläsern und das dadurch erfolgte Entzünden von Körpern an einer gewissen Stelle; die Entstehung von Farben in gewissen durchsichtigen Materien, wohin auch die Farben des Regenbogens gehören; das Flimmern und Zittern der Sterne; u. dgl. mehr. Manche von diesen Erscheinungen suchten die Alten zu erklären, wobei die Erklärung freilich zum Theil ganz unrichtig oder dürftig ausfiel.

So kannten die Alten die Brechung (Refraction) der Lichtstrahlen schon; auch leiteten sie die Entstehung der Farben davon ab, wie dies Seneca that, der aber die so hervorkommenden farbigten Strahlen für falsche hielt. Ueber Größe, Gestalt und Farbe des Regenbogens, auch über Höfe um Sonne und Mond, über Nebensonnen u. dgl. stellte schon Aristoteles Untersuchungen an; aber die Resultate, welche er zum Vorschein brachte, bereicherten die Wissenschaft nicht; im Gegentheil kamen dadurch ganz irrige Ansichten in Umlauf. Die vergrößernde Kraft durchsichtiger, z. B. mit Wasser gefüllter kugelartiger Körper, kannte Seneca gleichfalls schon; aber die Ursachen der Vergrößerung wußte er nicht zu erklären. Auch das Vergrößern durch Hohlspiegel erwähnen Seneca und Plinius; auf ihre zündende Kraft hatte schon Euclides aufmerksam gemacht; und Brenngläser waren zu Socrates Zeiten gar nicht selten mehr.

§. 146.

Schon 500 Jahre vor Christi Geburt erwähnte Aristophanes in einer seiner Comödien (in den Wolken), wo Strepsiades mit Socrates redend eingeführt wird, der

Kunst, Gläser zu verfertigen, welche durch die Brechung der Lichtstrahlen eine Entzündung hervorbringen. Um seine Schuldner los zu werden — sagt Strepsiades — so wolle er mit einem Glase die Buchstaben seiner Handschrift schmelzen. Convex (erhaben) waren diese ersten Brenngläser; und schon in den Liedern des Orpheus, die hundert Jahr älter als Aristophanes sind, ist von so gebildetem Crystall die Rede, welcher eine Entzündung bewirkt hätte. — Crystall war in den ältern Zeiten gewöhnlicher, als Glas, welches seine ersten Besitzer, die Phönizier, sehr rar zu machen wußten.

Zweifeln braucht man durchaus nicht mehr daran, daß schon damals die Erfindung gemacht war, durch Brechung der Sonnenstrahlen in einem convexen durchsichtigen Körper Feuer hervorzubringen. Indessen ist man freilich gewahr geworden, daß die Crystalle des Orpheus nicht die gewöhnliche linsenförmige Gestalt hatten, wie unsere Brenngläser sie besitzen, sondern die Figur einer Kugel. Der Brennpunkt dieser Kugel fiel nahe an ihre Oberfläche, folglich auch auf die Fläche, welche sie unterstützte, wenn sie auf einer solchen lag. Sehr leicht konnte daher die Kugel das untergelegte Holz entzünden, wenn die Sonne auf sie schien.

§. 147.

Vermuthlich sind mit solchen gläsernen Kugeln, oder auch nur Kugelsegmenten, die Feuer der Vesta angezündet worden. Die Römer bedienten sich der Brennspiegel dazu. Plinius redet gleichfalls von gläsernen und crystallenen Kugeln, welche, der Sonne ausgesetzt, eine Entzündung hervorbrach-

ten. Er bemerkt z. B., daß gläserne Kugeln, gegen die Sonne gehalten, Kleider anzündeten, und daß manche Aerzte auf dieselbe Weise crystallene Kugeln nähmen, um Theile des Körpers anzubrennen. Lactantius, welcher um das Jahr 303 nach Christi Geburt lebte, sagte: eine mit Wasser gefüllte gläserne Kugel würde, wenn man sie der Sonne aussetzte, durch das von dem Wasser ausstrahlende Licht, selbst in der größten Kälte, ein Feuer erregen. — Ungleich wirksamer wurden freilich unsere Brenngläser (§. 165.) von linsenförmiger Gestalt, deren beide Flächen nur kleine Theile oder Segmente einer großen Kugel ausmachen.

§. 148.

Brennspiegel, d. h. Hohlspiegel, welche Körper vor sich, an einer gewissen Stelle (dem Brennpunkte), entzünden, wenn Sonnenstrahlen in sie einfallen, soll schon Euclides gekannt haben, welchen man überhaupt das älteste Buch über Optik und Katoptrik zuschreibt. Am Ende des 31sten Lehrsatzes redet hier Euclides von (sphärischen oder kugelförmigen) Hohlspiegeln, die mittelst der Sonnenstrahlen Sachen entzündet hätten, welche im Mittelpunkt der Kugel lagen. Da letzteres allerdings ein Irrthum war, weil der Brennpunkt nie im Mittelpunkte der hohlen Kugel, sondern in der Mitte des Halbmessers der Kugel liegt, so hielt man diesen Irrthum für einen Grund, das älteste Buch von der Optik und Katoptrik dem Euclid abzusprechen, oder wenigstens anzunehmen, Euclids Buch sey durch Zusätze verunstaltet worden. Wenn man aber annimmt, daß zu damaliger Zeit in den Natur-Wissenschaften, selbst bei den größten Männern, noch gar viele Unrichtigkeiten und falsche Er-

klärungen mit unterliefen, so möchte jener Grund wohl ziemlich unhaltbar seyn.

Daß Hohlspiegel vergrößern, erwähnen schon Seneca und Plinius. Nimmt man dies mit der Kenntniß der Eigenschaft solcher Spiegel zum Brennen, mit der Kenntniß der brennenden und vergrößernden Eigenschaft der erhabenen Gläser und noch einiges andere, das später angeführt werden soll, zusammen, so zeigt dies allerdings, daß die Alten sich schon mit optischen Gegenständen beschäftigten. Aber die Optik als Wissenschaft existirte bei ihnen noch nicht. Dies wurde sie erst gegen Ende des fünfzehnten christlichen Jahrhunderts. Die Araber hatten zwar schon frühzeitig verschiedene Zweige der optischen Wissenschaften auszubilden angefangen; aber theils gingen ihre Schriften darüber verloren, theils war das übrig gebliebene doch noch sehr unvollkommen, in Vergleich gegen den spätern Zustand dieser Wissenschaften. Der erste arabische Schriftsteller in der Optik war Al Farabi ohngefähr 900 Jahre nach Christi Geburt; ein besserer soll hundert Jahre später Ebn Haithem gewesen seyn. Er soll in besondern Abtheilungen die gerade forfgehenden (der Optik im engern Sinne gehörenden), die zurückgeworfenen (der Katoptrik gehörenden) und die gebrochenen (zur Dioptrik gehörenden) betrachtet haben. Aber wir besitzen von ihren Schriften nichts mehr; deswegen können wir auch von ihrem weitern Inhalt nichts sagen. Nur Alhazens Werke aus dem zwölften und dreizehnten Jahrhunderts haben wir kennen und schätzen gelernt; obgleich nach ihnen, wenigstens bis zu Ende des fünfzehnten Jahrhunderts der Zustand der optischen Wissenschaften, im stren-

gen Sinne, unvollkommen blieb. Eigentlich machten Katoptrik und Dioptrik erst von Kepler an recht bedeutende Fortschritte. Deswegen leiten Viele den wahren Ursprung jener Wissenschaften erst von diesem großen Manne ab.

§. 149.

Sehr bekannt ist die Behauptung mehrerer Schriftsteller, daß Archimedes ungemein große Brennspiegel verfertigt habe, womit er in einer beträchtlichen Entfernung und sehr schnell hätte Sachen in Brand setzen können. Mit solchen Brennspiegeln soll er z. B. unter der Flotte des römischen Generals Marcellus, als dieser Syracus belagerte, Feuer gebracht und sie dadurch gänzlich vernichtet haben, obgleich die Schiffe einen Bogenschuß oder etwa 200 Schritte von der Stadtmauer entfernt waren. Und nach Archimedes Beispiel soll im Jahr 514 nach Christi Geburt Proclus die Flotte des Vitalinus, welcher unter der Regierung des Anastasius Constantinopel belagerte, gleichfall mit metallenen Hohlspiegeln verbrannt haben.

Polybius, Plutarchus und manche andere Schriftsteller, welche von der Zerstörung der römischen Flotte unter Marcellus und selbst Vieles von Archimedes erzählen, erwähnen nichts von der Anzündung jener Flotte durch Brennspiegel; und der einzige ältere Schriftsteller Galenus führt blos an, daß Archimedes die Schiffe der Römer durch Feuerkugeln in Brand gesteckt habe. Dagegen wollen Schriftsteller aus den ersten christlichen Jahrhunderten, welche von der Verbrennung der römischen Flotte reden, die Zerstörung keinem andern Feuer, als dem durch Brennspiegel erregten zuschreiben. Das war der Fall mit den beiden Schrift-

stellern Zonaras und Tzetzes. Letzterer berief sich dabei auf solche ältere Autoren, wie des Dio, des Diodorus, des Hero u. a., deren Schriften darüber gerade verloren gegangen sind.

§. 150.

Anthemius, ein geschickter Mathematiker und berühmter Architekt in Lydien, welcher im Jahr 530 unter dem König Justinian die Sophien-Kirche in Constantinopel bauete, schrieb eine kleine griechische Abhandlung: über Paradoxien in der Mechanik. In der Vatikanischen Bibliothek soll diese Abhandlung, welche Düpuy im Jahr 1777 französisch herausgab, noch jetzt vorhanden seyn. Ein eignes Kapitel dieser Schrift handelt von Brennspiegeln, und unter diesen werden auch Archimedes Instrumente beschrieben, womit er die römische Flotte verbrannt haben soll. Anthemius sucht hier zu beweisen, daß die Entzündung nicht anders hätte erfolgen können, als durch Reflection, und zwar meint er, Archimedes habe aus mehreren kleinern Spiegeln einen einzigen großen zusammengesetzt, dessen Höhlung ziemlich sphärisch, wenigstens zum kräftigen Entzünden geschickt gewesen wäre.

In der Folge suchten andere, z. B. Kircher im Jahr 1646, die Größe der Archimedschen Brennspiegel zu erforschen, wenn sie möglicher Weise die Flotte hätten anzünden können. Wäre nun auch, nach Kirchers Abmessung, die Entfernung der Schiffe nicht weiter als 150 Fuß gewesen, so hätte der hohle sphärische Spiegel doch wenigstens einen Halbmesser (Halbmesser der hohlen Kugel) von 300 Fuß haben müssen, wenn er auf jene Distanz hätte brennen sollen.

Denn der Brennpunkt fällt ohngefähr in die Mitte des Halbmessers. Damals aber hatte man noch immer die irrige Meinung, er fiele in den Mittelpunkt der Kugel.

§. 151.

Die Zusammensetzung einer Menge kleiner ebenen Spiegel zu einer so ungeheuern sphärischen Höhlung (§. 150.) hätte den Archimedes allerdings außerordentliche Schwierigkeiten verursacht, obgleich ein solches Unternehmen an und für sich gerade nicht unmöglich war. Denn im Jahr 1747 bildete der berühmte Graf Büffon, ohne etwas von Kirchers Experimente (§. 150.) zu wissen, aus 168 foliirten Planspiegeln einen einzigen Hohlspiegel, womit er auf eine Weite von 200 Fuß Holz anzündete. Hat er ihn so groß zu machen gewußt, so läßt es sich schon denken, daß er ihn auch noch größer, z. B. so groß hätte machen können, wie man Archimedes Brennspiegel annehmen muß, wenn sie existirt haben.

Eine andere Frage, womit man Archimedes Unternehmen ernstlich in Zweifel ziehen könnte, möchte wohl die seyn: ob Marcellus wohl so unklug gewesen wäre, seine Schiffe an der gefährlichen Stelle zu lassen, wo es zu brennen anfing? Ungesehen von den Feinden konnte Archimedes seine Versuche doch auch nicht machen, und zu den Richten der Spiegel, damit er die Sonnenstrahlen gehörig auffing und auf die verlangte Stelle hinwarf, gehörte doch auch erst einige Zeit und Mühe!

Weil man damals noch fälschlich annahm, der Brennpunkt befinde sich im Mittelpunkt der Kugel, so machte man schwerlich Versuche mit großen, und wohl nicht einmal

mit mäßig großen Spiegeln. Denn der Unterschied zwischen der vorausgesetzten Brennweite (Halbmesser) und der wirklich statt findenden Brennweite (halben Halbmesser) wäre doch gar zu auffallend gewesen.

§. 152.

Viel von sphärischen Halbspiegeln redete Vitellio, welcher im dreizehnten Jahrhundert lebte; aber wenig wußte er von der Art ihrer Wirkung; nicht einmal den Brennpunkt solcher hohlen Kugelspiegel konnte er angeben. Den Focus des parabolischen Brennspiegels kannte er viel besser. Denn er zeigte, daß Strahlen, welche parallel mit der Axe auf die hohle Fläche des Spiegels fallen, nach der Zurückwerfung von dieser Fläche insgesammt durch den Punkt gehen, der um den vierten Theil des Parameters von der parabolischen Krümmung entfernt ist.

Auch Roger Baco, welcher gleichfalls im dreizehnten Jahrhundert lebte, kannte den Brennpunkt der Parabel besser, als den Brennpunkt der Kugel; sowie Johann Baptist Porta, welcher um die Mitte des sechszehnten Jahrhunderts die Parabel als die beste Gestalt zu Brennspiegeln empfahl, anfangs nicht wußte, wo der Brennpunkt des sphärischen Spiegels hinfällt. Später entdeckte er den Satz, daß die Brennweite bei hohlen Kugelspielgeln der Hälfte des Halbmessers gleich ist. Cardan hatte den Vorschlag gethan, einen Brennspiegel zu machen, der auf 1000 Schritte brenne. In dieser Absicht solle man, wie er sagt, einen Kreis beschreiben, der 2000 Schritte im Durchmesser habe; davon solle man einen Bogen nehmen, der merklich krumm wäre, etwa den 60sten Theil des ganzen Kreises enthielte,

und nun solle man darnach ein hohles Kugelstück bilden. Porta hält sich über einen so großen Spiegel gewaltig auf und meint, Cardan hätte kein Mittel angeben können, einen Kreis zu beschreiben, der 2000 Schritte im Durchmesser habe. Daß aber ein solcher Kugelspiegel von 2000 Schritten im Durchmesser nur auf 500 Schritte brennen könne, rügte Porta nicht, folglich setzte er noch den Brennpunkt des sphärischen Spiegels in den Mittelpunkt der Kugel, wovon der Hohlspiegel ein Stück ausmacht. — Porta war übrigens ein sehr geschickter Optiker; schon in seinem zwanzigsten Lebensjahre hatte er seine natürliche Magie geschrieben. Deswegen war er auch schon sehr jung als Zauberer ausgeschrieen.

§. 153.

Sieht man nun auch die große Entzündungsgeschichte mit Archimed's Brennspiegeln als ein Mährchen an, so darf man doch an dem Daseyn der Brennspiegel zu jener Zeit selbst nicht zweifeln, ihre Wirkung mag groß oder geringe gewesen seyn. Und wenn auch manche behaupten wollen, die Höhlung der alten Brennspiegel sey wahrscheinlich nicht sphärisch, sondern parabolisch gewesen, weil damals (Abthl. I. §. 70 f.) schon die Kegelschnitte existirten, und weil die Künstler und Gelehrten der folgenden Zeit, bis über das sechszehnte Jahrhundert hin, den Brennpunkt der parabolischen Spiegel richtiger anzugeben wußten, als den Brennpunkt der sphärischen Spiegel, so möchte doch wohl daran zu zweifeln seyn. Denn viel schwerer ist die Construction einer parabolischen Höhlung, als einer kugelartigen, nach einem Kreise leicht zu bildenden; die Alten hatten die Mittel, wie

wir sie jetzt besitzen, noch nicht, um den Spiegeln die parabolische Gestalt zu geben. Und weil die Brennweite solcher parabolischen Spiegel sehr gering ist, so hätte die hohle parabolische Fläche solcher Spiegel, womit Archimedes bis auf 300 Fuß hätte Sachen entzünden wollen, ungeheuer groß seyn müssen.

Der im zwölften Jahrhundert in Spanien lebende Araber Alhazen, welcher ein berühmtes optisches Werk schrieb, das der Pole Vitellio im Jahr 1270 zuerst bekannt machte, handelt in diesem Werke auch von sphärischen Hohlspiegeln. Man glaubt, daß Alhazen bei diesem Werke die verloren gegangene Optik des Ptolemäus zum Grunde gelegt habe. Jener Vitellio schrieb in Italien, wo er sich lange Zeit aufhielt, eine eigne Optik, welche Regiomontan handschriftlich nach Nürnberg brachte. Hier besorgte Peter Apian im Jahr 1535 die erste gedruckte Ausgabe. Im Jahr 1572 gab Friedrich Reisner dasselbe Werk zu Basel, vermehrt und verbessert, in Verbindung mit Alhazen's Optik heraus. Johann Kepler fügte im Jahr 1604 noch manches Neue hinzu.

§. 154.

Im sechszehnten Jahrhundert gab sich Anathasius Kircher viele Mühe, sowohl sphärische als parabolische Hohlspiegel zu verfertigen. Georg Hartmann, der in demselben Jahrhundert manche Erscheinungen aus der Wirkung von Hohlspiegeln erklärte, beschäftigte sich besonders viel mit der Bearbeitung von hohlen Kugelspiegeln.

Im siebzehnten Jahrhundert gab man sich noch mehr mit der Verfertigung von sphärischen Hohlspiegeln ab, selbst

mit solchen, die eine bedeutende Größe hatten. Unter andern brachte Maurolycus ziemlich gute sphärische Hohlspiegel zum Vorschein. Den größten Brennspiegel aber, welcher vor der Mitte des siebzehnten Jahrhunderts verfertigt worden war, hatte der Professor der Mathematik zu Bologna Maginus. Er war 20 Zoll breit. Später hatte Septala, Canonikus zu Mailand, einen noch größern, nämlich einen solchen von 3½ Fuß Breite und 15 Schritten Brennweite.

§. 155.

Um dieselbe Zeit machte Villette, ein Künstler zu Lyon, Brennspiegel von vorzüglicher Wirksamkeit. Mit einem solchen Spiegel von 30 Zoll Breite und 3 Fuß Brennweite konnte er in wenigen Minuten die strengflüssigsten Metalle schmelzen, selbst Steine und Erde verglasen. Der König Ludwig XIV. kaufte diesen Spiegel. Einen andern von demselben Künstler verfertigten Brennspiegel, der 44 Zoll breit war und eine noch größere Brennweite hatte, wie jener, erhielt der damalige Landgraf von Hessen-Cassel.

Einen noch größern und wirksameren Brennspiegel machte der bekannte sächsische Edelmann von Tschirnhausen um das Jahr 1687. Die Breite dieses Brennspiegels betrug 4½ Pariser Fuß, und die Brennweite 12 Fuß. Er war aus einer nur zwei Messerrücken dicken kupfernen Platte geschlagen und konnte daher leicht von einem Orte zum andern gebracht werden. Seine Politur war sehr gut. In einem Augenblicke zündete er feuchtes Holz mit einer so starken Flamme, daß diese nicht einmal von einem Sturmwinde ausgelöscht werden konnte. Das Wasser machte er in einer

kurzer Zeit siedend und verdunstend. Drei Zoll dickes Zinn und Blei schmolz er augenblicklich und eben so durchlöcherte er Eisenblech. Ein harter sächsischer Thaler bekam in 5 bis 6 Minuten ein Loch; und außerordentlich bald verglasete er Steine, Ziegel und ähnliche Körper. Auch das Licht des Mondes fing Tschirnhausen mit seinem Spiegel auf; er fand aber, daß es keine Wärme zeigte. — Parabolische Brennspiegel, die sich besonders durch eine schnelle Wirkung auszeichneten, machte Höse in Dresden nach der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts (§. 158).

§. 156.

Allerdings mußten, unter gleichen übrigen Umständen, metallene inwendig gut polirte Brennspiegel die besten seyn. Man hat sie auch aus Glas, hinten mit einem undurchsichtigen Belege, recht hübsch sphärisch verfertigt. Gärtner, ein geschickter Künstler in Dresden, machte vor der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts auch hölzerne inwendig vergoldete Brennspiegel; sogar hatte ein gewisser Naumann Brennspiegel aus Pappe, inwendig mit Stroh glatt überzogen, verfertigt.

Büffons sehr große Brennspiegel aus ebenen Spiegelgläsern (§. 151.) zusammengesetzt, bleiben immer merkwürdig. In der letzten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts machte sich Zeiher durch seine Bemühungen bekannt, die sphärischen Brennspiegel zu vervollkommnen. In den neuesten Zeiten, wo man die sphärischen Hohlspiegel zu manchen Zwecken anwandte, wozu man sie sonst nicht gebrauchte, z. B. zu allerlei physikalischen Experimenten (unter andern auch zu Geistererscheinungen), zu Reverberen von Lam-

pen und Laternen ꝛc. ist dies noch besser gelungen. Unter andern macht man schon seit mehreren Jahren für den zuletzt genannten Zweck silberplattirte sehr schön polirte Hohlspiegel.

Wenn Strahlen, die parallel in den Hohlspiegel einfallen (wie die Sonnenstrahlen), nach geschehener Zurückwerfung in dem Brennpunkte zusammenkommen, oder gleichsam sich sammeln, so müssen umgekehrt, Strahlen von einem im Brennpunkte befindlichen leuchtenden Körper, wenn sie in den Spiegel eingefallen sind, nach geschehener Reflection parallel fortgehen, folglich sich nicht zerstreuen (nicht divergiren oder auseinanfahren), wie es bei den von den leuchtenden Körpern hinwegströmenden der Fall ist, deren Strahlen nicht so, wie dort von dem Hohlspiegel, aufgefangen und zurückgeworfen werden. Darauf beruht eben die erst in den neuern Zeiten benutzte Eigenschaft der Hohlspiegel zu Lampen- oder Laternen-Reflectoren (Reverberen).

§. 157.

Ehe die Spiegelteleskope (§. 179 f.) erfunden wurden, bekümmerte man sich wenig darum, parabolische Hohlspiegel zu verfertigen. Während parallel in einen sphärischen Hohlspiegel einfallende Lichtstrahlen (z. B. Sonnenstrahlen) nach geschehener Reflection nicht genau in einen einzigen Punkt verdichtet werden oder keinen wirklichen Brenn-Punkt, sondern einen Brenn-Raum haben, weil die hohle Kugelform nur eine solche Zurückwerfung erlaubt; so werden im Gegentheil parallel in einen parabolischen Hohlspiegel einfallende Strahlen, nach erfolgter Zurückwerfung, in einen wirklichen Brenn-Punkt zusammengebracht.

So concentrirt müssen sie wohl eine stärkere Wirkung zum Brennen haben, als wenn sie in einen größern Raum vertheilt wären. Aber nicht blos zum Brennen allein, sondern auch zu andern Zwecken, z. B. zu Reverberen, zur Darstellung von Bildern ꝛc. mußten parabolische Hohlspiegel vollkommener, als sphärische seyn.

Im sechszehnten Jahrhundert gaben sich blos Orontius Finäus, im siebzehnten Mersenne und Kircher manche Mühe, parabolische Hohlspiegel hervorzubringen. Auch Albrecht Dürer hatte Regeln gegeben, Brennspiegel nach der Parabel zu construiren; und Franciscus Tertius de Lanis that den Vorschlag, parabolische Brennspiegel bei chemischen Operationen anzuwenden.

§. 158.

Bald nach der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts gab sich der Dresdner Künstler Höse (§. 155) außerordentlich viele Mühe, parabolische Brennspiegel von beträchtlicher Größe zu verfertigen. Er setzte sie sehr genau aus platten messingenen Blechtafeln zusammen, die er hernach in ihrer hohlen Fläche noch möglichst polirte. So übertraf ihre Wirkung in der That diejenige der Brennspiegel des Tschirnhausen sehr merklich.

Als man nach Erfindung der Spiegelteleskope (§. 179 f.) gefunden hatte, daß die gewöhnlichen sphärischen Hohlspiegel wegen Abweichung der Lichtstrahlen in der kugelförmigen Höhlung und der dadurch entstehenden falschen Bilder (Nebenbilder) nicht gut zu gebrauchen waren, so versuchte man es, statt ihrer, parabolische Hohlspiegel anzuwenden. Dem Schottländer Gregory, welcher im Jahr 1663 sein

Spiegelteleskop erfand, wurde es sehr schwer, die rechte parabolische Krümmung herauszubringen. Deswegen behielten auch Newton und Halley bei ihren Teleskopen die sphärische Höhlung bei. Dem Engländer Short gelang es vor der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts, die Spiegel parabolisch zu machen. Keine Regeln wandte dieser Künstler dabei an, sondern nur durch mühsame Versuche brachte er die richtige Höhlung heraus.

§. 159.

Nach der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts brachte es Shorts Landsmann Mudge noch weiter in der Verfertigung parabolischer Hohlspiegel. Dieser geschickte Mann ertheilte auch ganz zweckmäßige Vorschriften zur Construction der parabolischen Spiegel. Er gab unter andern den Rath, den Spiegel erst sphärisch zu bilden, und ihm die veränderte parabolische Gestalt erst beim Schleifen und Poliren zu geben.

Unter allen damaligen und nachfolgenden Künstlern brachte es in der Verfertigung sehr großer parabolischer Hohlspiegel Niemand weiter als der Hannoveraner Herschel in England. Die Fläche seiner Spiegel ist so vollkommen parabolisch, daß diese zu den Teleskopen ohne die geringste Blendung gebraucht werden können. Schröter in Lilienthal und Schrader in Kiel waren ebenfalls so glücklich gute parabolische Spiegel zu Stande zu bringen (§. 157.)

§. 160.

Die Alten kannten nur solche Brenngläser, welche aus durchsichtigen (gläsernen) Kugeln und Kugelsegmenten bestanden. Diese mußten nahe an die Sachen gebracht wer=

den, welche man entzünden wollte (§. 146). Durch die Brechung an der vordern und hintern Fläche des durchsichtigen Körpers wurden die herausfahrenden Sonnenstrahlen so in einem Punkte zusammengebracht, daß sie daselbst brennen mußten.

Es sind nur unvollständige Nachrichten auf uns gekommen, daß die Alten die Eigenschaft der Vergrößerung solcher kugelartiger durchsichtiger Körper gleichfalls gekannt haben. So sagt Seneca, daß kleine und dunkle Buchstaben durch eine gläserne mit Wasser gefüllte Kugel größer und heller aussehen; auch daß Aepfel, die in einem solchen Gefäße liegen, weit schöner wie sonst erscheinen. Ferner sollen sich die alten Steinschneider gläserner mit Wasser gefüllter Kugeln bedient haben, um die Figuren zu vergrößern und feiner arbeiten zu können. Diejenigen noch in manchen Naturalien-Kabineten befindlichen kugel- und linsenförmigen Steine aus Bergcrystall, welche von den Druiden herrühren, müssen doch wohl die vergrößernde Kraft gezeigt haben, wenn sie auch nicht besonders zu diesem Zweck und zum Brennen verfertigt worden sind. Die erste deutliche Spur von dem Gebrauch der Vergrößerung kugelartiger Gläser findet man im zwölften Jahrhundert beim Araber Alhazen. Aber erst am Ende des dreizehnten Jahrhunderts sind die eigentlichen linsenförmigen Gläser, Lupen oder Brillen erfunden worden.

§. 161.

Die erste Nachricht von solchen Augengläsern verdanken wir dem Roger Baco, welcher am Ende des dreizehnten Jahrhunderts lebte; er erzählt, daß erhabene Glaslinsen um

das Ende des dreizehnten Jahrhunderts bekannt geworden waren. So meldet auch Pater Rivalto in einer Sammlung von Predigten, die er im Jahr 1305 abfaßte, „es sey noch nicht zwanzig Jahre, daß man die Augengläser, eine der besten und wohlthätigsten Erfindungen, zu verfertigen angefangen habe.“ Und nach einer lateinischen geschriebenen Chronik in der Bibliothek der Predigermönche von St. Catharina zu Pisa hat der Pater Alexander zu Pisa in den ersten Jahren des vierzehnten Jahrhunderts sich selbst mit der Verfertigung der Augengläser beschäftigt. Um dieselbe Zeit schlugen auch schon Aerzte Brillen für diejenigen Personen vor, welche nicht gut sehen konnten.

§. 162.

Ums Jahr 1613 hatte Maurolycus manche wesentliche Verbesserung mit den Augengläsern vorgenommen. Derselbe verdienstvolle Gelehrte zeigte auch zuerst deutlich, daß die Strahlen durch die Brechung in einem convexen Glase enger zusammen kommen (convergiren), in einem concaven aber weiter auseinander fahren (divergiren), sobald sie das Glas verlassen haben; und daß jene für weitsichtige, diese für kurzsichtige Augen brauchbar sind. Eben so zeigte er, wie Sonnenstrahlen, die durch ein convexes Glas gehen, sich darin brechen und hinter demseben in einem Punkte sich vereinigen, wo sie dann Körper in Brand setzen können. Auch erzählt er, die Verfertiger der Augengläser (die Glasschleifer) hätten sonst die Jahre des Alters, für welches ein Glas dient, mit angemerkt, jetzt aber werde dies meistens vernachlässigt. Bei der Bemerkung, daß erhabene

Gläser zünden, äußert er zugleich die Vermuthung, daß auf eben die Art Prometheus den Göttern das Feuer möge abgestohlen haben, wenn er dazu nicht etwa einen Hohlspiegel gebraucht hätte. Endlich meint er auch, so wie die Parabel Strahlen in einen Punkt reflectire, eben so könne man vielleicht einen durchsichtigen Körper bilden, der alle Strahlen in einem Punkte breche. Indessen haben die Bemühungen mehrerer Männer, parabolische Gläser zu machen, keinen günstigen Erfolg gehabt, wie dies z. B. bei Descartes Freunde und Zeitgenossen Mydorge im Jahr 1627 der Fall war, und der, als er auch die Verfertigung elliptischer Linsengläser vergebens versucht hatte, wieder zu sphärischen Linsen zurückkehrte.

§. 163.

Dadurch, daß Hook im Jahr 1666, Hertel 1716, Leutmann 1728, Imkins 1741, Burrow 1771, Dieck 1792, Kunze 1796, Toffoli 1795 und einige andere die Schleifmaschinen oder Vorrichtungen zum Schleifen der Linsengläser verbesserten, wurden auch die Linsen selbst vervollkommnet. Zwei Italiener, Eustachio de Divinis zu Rom und Campani zu Bologna, waren längst in Schleifung der Gläser berühmt. Huyghens, der nicht blos theoretischer Mechaniker, sondern auch geübter Handarbeiter war, ertheilte über das Schleifen der Gläser einen sehr belehrenden gründlichen Unterricht. In den neuesten Zeiten erfand der Engländer Wollaston die sogenannten periskopischen Brillen oder diejenigen, womit man nicht blos gerade aus, sondern auch rund um sich herum gleich gut sehen kann (§. 245). Dieselben Brillen verfertigten bald

nachher John und Peter Dollond in einer noch größern Vollkommenheit.

§. 164.

Eine einfache, möglichst stark vergrößernde doppelt convexe Glaslinse von kurzer Brennweite wird einfaches Mikroskop genannt. Ein solches Vergrößerungsglas dient zur Betrachtung naher Gegenstände von sehr kleinen Dimensionen. Das wurde wohl schon lange anerkannt, aber erst späterhin wurden solche Gläser von Naturhistorikern und Künstlern (Uhrmachern, Juwelirern, Miniaturmalern ꝛc.) zur Betrachtung sehr kleiner Sachen benutzt. Als Weberglas wurde es, zuerst von England aus, auch zur Beurtheilung der Gleichförmigkeit eines gesponnenen Fadens und eines feinen Gewebes gebraucht. — Selbst ein Tropfen crystallhelles Wasser, die Crystalllinse aus dem Auge eines Fisches u. dgl. konnte zu ähnlichem Zwecke angewendet werden (§. 188 f.).

§. 165.

Bis gegen das Ende des siebzehnten Jahrhunderts waren die Brenngläser, welche man verfertigte, von keiner großen Wirkung. Man begnügte sich mit convexen Linsen, die im Stande waren, durch Vereinigung der Sonnenstrahlen leicht entzündliche Materien, wie Zunder, Papier, Stroh, dürres Holz u. dgl. in Brand zu setzen. Zu größeren Wirkungen gebrauchte man lieber Brennspiegel, weil diese leichter in die hohle Form, als ein großes Stück Glas in die linsenförmig erhabene, gebracht werden konnten. Nun aber trat am Ende des siebzehnten Jahrhunderts der (aus §. 155. bekannte) von Tschirnhausen auf, und legte in der

Oberlausitz mit großem Kosten-Aufwande eine Glasschleifmühle zu großen Brenngläsern an. Wirklich brachte er auf derselben Linsengläser zum Vorschein, die zum Bewundern schnell und leicht zündeten. Das härteste, selbst mit Wasser angefeuchtete Holz wurde augenblicklich in Brand gesetzt, Wasser in kleinen Gefäßen wurde sogleich in's Sieden gebracht, und in kurzer Zeit schmolzen Metalle, wurden durchlöchert ꝛc.

Der Herzog von Orleans ließ zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts solche Tschirnhausische Brenngläser kommen und machte große Versuche damit. Hartsoecker trat, was die Verfertigung recht wirksamer Brenngläser betraf, in Tschirnhausens Fußstapfen. Er brachte aus massivem Glase große Brenngläser zum Vorschein, deren Wirkung sehr bedeutend war. Bernieres zu Paris verfertigte im Jahr 1774 ein besonders eingerichtetes Brennglas Es bestand aus zwei an einander gesetzten, den flachen Uhrgläsern ähnlichen Hohlgläsern. Der dadurch erhaltene, mit Weingeist oder mit Terpentinöhl angefüllte linsenförmige Raum hatte 4 Fuß im Durchschnitt und war in der Mitte 6 Zoll 5 Linien dick. Die Wirkung dieses Brennglases war außerordentlich groß.

Mit solchen ungemein wirksamen Brennglåsrrn, wie die Tschirhausischen, Hartsoeckerschen, Berniere'schen u. a. haben die neuern Physiker, z. B. Brisson, Macquer, Cadet, Lavoisier u. a. merkwürdige Versuche angestellt; sie haben damit unter andern die strengflüssigsten Metalle und Steine, welche dem allerheftigsten Ofenfeuer widerstehen (wie Platina, den Diamant ꝛc.) in kurzer Zeit geschmolzen, oder ganz verflüchtigt.

§. 166.

Die allerwichtigste Anwendung von Linsengläsern und Spiegeln, besonders von den erstern, sehen wir bei den Fernröhren oder bei denjenigen Instrumenten, vermöge welchen wir entfernte Gegenstände deutlich und vergrößert, oft viele hundert- ja mehrere tausendmal vergrößert erblicken. Unbeschreiblich ist der Nutzen, den die Fernröhre auf dem Lande und zur See gewähren. Wie sehr zurück würde nicht die Astronomie seyn, wenn es in den letzten Jahrhunderten keine Fernröhre gegeben hätte!

Ordentliche Fernröhre, aus mehreren in ein Rohr eingeschlossenen Linsengläsern bestehend, gab es wahrscheinlich vor dem Ende des sechszehnten Jahrhunderts noch nicht. Zwar redet der Benediktiner Mabillon von einem Fernrohre aus der Mitte des dreizehnten Jahrhunderts. Aber das war vermuthlich nur ein Rohr ohne Gläser zum Deutlicher-Sehen, wie man es damals und später öfters gebrauchte, um das Licht von der Seite her abzuhalten. Das Sehen durch die hohle Hand, was dem Menschen angeboren zu seyn scheint, wenn er einen entfernten Gegenstand deutlicher sehen will, hat wahrscheinlich zu solchen Röhren ohne Gläser Anlaß gegeben. Eben so wenig hat auch wohl Roger Bako schon am Ende des dreizehnten Jahrhunderts ein ordentliches Fernrohr gehabt, obgleich er schon von Vergrößerung entfernter Gegenstände redet. Ohnstreitig sind dies bloße Gedanken oder Spiele der Phantasie gewesen, woran er bekanntlich reich war. Robert Smith, Klügel und andere gelehrte Männer der neuern Zeit haben es deutlich bewiesen, daß Bako von wirklichen Fernröhren noch nichts gewußt hat.

§. 167.

Schon eher könnte man den Neapolitaner Johann Baptist Porta, welcher sich überhaupt und schon als Jüngling (§. 152.) um die Optik viel Verdienst erwarb, für den Erfinder dieser wichtigen Instrumente halten. Daß er es, um die Mitte des sechszehnten Jahrhunderts, wirklich gewesen sey, wollen Huyghens, Hook, Wolff u. a. aus einer gewissen Stelle seiner natürlichen Magie schließen, wo er von der Vereinigung eines concaven und converen Glases redet, wodurch entfernte Sachen deutlicher dargestellt werden sollten. Vermuthlich hat Porta jene beiden Gläser nur hinter einander gehalten, um dadurch ihre gemeinschaftliche Brennweite so zu verändern, daß sie dem Auge Gegenstände in gewissen Entfernungen deutlicher darzustellen vermochten. Hätte Porta ein wirkliches Fernrohr zu Stande gebracht, so würde er bei der großen Eitelkeit, wovon seine Schriften Beweise genug geben, seine Erfindung gewiß mit großen Lobeserhebungen beschrieben haben.

So viel ist aber ausgemacht, daß durch jenen Versuch des Porta mit den beiden Gläsern und durch die wahrscheinlich von ihm, um's Jahr 1560, erfundene Zauberlaterne der Erfindung des Fernrohrs sehr vorgearbeitet worden war. Sie ist wahrscheinlich in den letzten Jahren des sechszehnten Jahrhunderts in Holland zum Vorschein gekommen.

§. 168.

Der Mailänder Hieronymus Sirturus erzählt in einem Buche vom Jahr 1618 (Telescopium genannt), folgendes über die Erfindung des Fernrohrs: „Als er auf seinen Reisen durch Holland im Jahr 1609 gerade bei einem

Brillenmacher Lippersheim (eigentlich Hans Laprey) gewesen, sey zu diesem ein Unbekannter, dem Anschein nach ein Holländer, gekommen, der sich einige hohle und erhabene Gläser habe schleifen lassen, um diese abzuholen. Er habe ein hohles und ein erhabenes Glas in einer gewissen Entfernung gegen einander gehalten, um entweder den Vereinigungspunkt oder des Künstlers Arbeit zu untersuchen. Nachdem er weggegangen war, habe der Künstler mit den Gläsern dieselben Versuche angestellt, und da sey er darauf verfallen, die Gläser in ein Rohr zu setzen. Das erste so zu Stande gebrachte Fernrohr habe er dem Prinzen Moritz von Nassau gegeben, der es im Kriege sehr brauchbar fand, aber auch sehr geheim damit umging. Erst als die Erfindung bekannter wurde, belohnte dieser Fürst den Künstler sehr reichlich; kein Fernrohr gerieth aber besser, als das erste. Im Mai desselben Jahres eilte ein Franzose nach Mailand, welcher solche Fernröhre (Teleskope) dem Grafen von Fuentes brachte. Dieser Franzose gab sich für einen Gesellschafter des holländischen Verfertigers aus. Ein Silberarbeiter mußte dem Grafen eine silberne Röhre um das Instrument machen."

§. 169.

So wahrscheinlich diese Erzählung auch klingt, und so sehr man es allenfalls auch zugeben kann, daß Lippersheim Fernröhre zu Stande brachte, die damals noch wenig bekannt waren, so wenig ist dieser doch der eigentliche Erfinder gewesen. Descartes gab einen Holländer, Jacob Metius aus Alkmar, als den Erfinder des Fernrohrs an. Dieser Metius war ein Sohn des berühmten Geometers

Adrian Metius. Er fand ein großes Vergnügen an der Verfertigung der Brenngläser und Brennspiegel, und da er einen ziemlichen Vorrath von Gläsern hatte, so soll er einst auf den Einfall gekommen seyn, zwei Gläser hinter einander zu stellen und dann hindurchzusehen. Indem er ein erhabenes und ein hohles Glas mit einander verband, so brachte er, wie es hieß, durch ihre Verbindung ein Fernrohr zu Stande.

Die allermeiste Wahrscheinlichkeit hat die Erzählung des Borellus, welcher die Ehre der Fernrohr-Erfindung dem Zacharias Jansen, einem Brillenmacher zu Middelburg, zuschreibt. Dieser verfertigte das erste Teleskop im Jahr 1590. Die gerichtlichen Aussagen seines Sohnes Johann, welcher selbst ein Fernrohr dem Prinzen Moritz überreichte, bestätigen dies. Derselbe Sohn sah mit diesem Fernrohre zuerst die Jupiters-Trabanten. Und so fallen hiermit auch die Ansprüche des Italieners Fontana und des Engländers Diggs auf dieselbe Erfindung hinweg. Uebrigens brauchte man sich eben nicht zu verwundern, wenn mehrere Männer fast zu einerley Zeit auf einerley Erfindung gekommen wären, oder auch wenn sie, ohne schon vorhandene Fernröhre gesehen zu haben, auch dergleichen aus eigner Kraft hervorbrachten. So ahmte z. B. der Brillenmacher zu Middelburg Hans Läprey (§. 168.) die Erfindung des Jansen nach, und verfertigte in den Jahren 1600 bis 1610 mehrere Fernröhre, sowie der bekannte Thermometer-Erfinder Cornelius Drebbel zu Alkmar.

§. 170.

Im Jahr 1608 war der Gebrauch der Fernröhre nicht

gar zu selten mehr. Das bezeugt unter andern der geschickte Mathematiker Simon Marius in seinem 1614 zu Nürnberg gedruckten Buche (Mundus jovialis). Der Anspach'sche geheime Rath Fuchs von Bimbach hatte in den Niederlanden ein Fernrohr gesehen, das ihm sehr wohl gefiel; weil es aber zu theuer war, so kaufte er es nicht. Indessen merkte er sich die Einrichtung desselben und gab dem Marius Nachricht davon. Dieser stellte mit einem hohlen und einem erhabenen Glase die Probe an, und wirklich sah er, wie schön dadurch das Bild einer entfernten Sache dem Auge näher gebracht wurde. Doch fand er, daß die Convexität des einen Glases zu groß war. Deswegen drückte er eine Form in Gyps ab, nach welcher die Künstler in Nürnberg erhabene Gläser von größerer Brennweite ihm verfertigen sollten. Die Künstler waren aber nicht vermögend, dies zu Stande zu bringen. Endlich erhielt von Bimbach im Jahr 1609 ein Fernrohr aus Holland, mit welchem Marius Beobachtungen am Himmel anstellte. Bald darauf kam auch von Venedig ein Teleskop an, welches noch viel besser war. Johann Baptist Lenccio, der in den Niederlanden gewesen war, hatte die schön geschliffenen Gläser dazu verfertigt und sie in eine hölzerne Röhre gesetzt.

§. 171.

Der berühmte Galilei hatte im Jahr 1609 kaum von des Jansen Erfindung, und zwar durch einen Deutschen, Nachricht erhalten, als er auch schon durch Zusammensetzung zweier Gläser, eines erhabenen und eines hohlen, gleichfalls, und zwar ganz ohne weitere Anweisung ein Fernrohr zu Stande brachte. Eine bleyerne Röhre umschloß die Gläser. Man nannte die-

ses Fernrohr, dem Galilei zu Ehren, Galileisches Fernrohr, obgleich es sonst auch wohl Holländisches Fernrohr genannt wurde. An dem Monde, an den Jupiterstrabanten, an den Venusgestalten, an dem Ringe des Saturns, an den Sonnenflecken, an den sonst unsichtbaren Fixsternen ꝛc. machte Galilei mit seinem Fernrohre manche wichtige Entdeckung. Deswegen erhielt er auch den Zunamen Lynceus. Etwa 29 Jahr lang beobachtete er mit jenem Fernrohre den Himmel sehr fleißig und wurde darüber zuletzt ganz blind.

Der Fürst Cesi, Stifter der römischen Akademie de Lincei zu Rom, welcher nach Galilei's Anweisung auch ein Fernrohr verfertigte, nannte es auf Angeben des vortrefflichen Gräcisten Johannes Demiscianus Telescopium. Heutiges Tages wird dies Fernrohr gewöhnlich nur zu Taschenperspektiven gebraucht.

§. 172.

Von Galilei lernte Europa die Kunst, vollkommene Fernröhre zu machen und sie mit besonderm Nutzen auf die Astronomie anzuwenden. Kepler trat mit hohem Ruhm in Galilei's Fußstapfen. Vornehmlich war er der erste, welcher deutlich die Wirkung der Linsengläser erklärte, wie sie Strahlen sammlen oder zerstreuen. Die Regel für den Brennpunkt ungleich erhabener Gläser hatte zwar Cavaleri erfunden; aber Kepler lehrte zuerst, daß der Vereinigungspunkt der von einem Punkte ausfahrenden Strahlen, wenn dieser in der doppelten Brennweite sich befindet, eben so weit hinter dem Glase liegt. Spätere Schriftsteller fanden diese Weite für jede Entfernung des leuchtenden Punkts.

Kepler erfand auch das astronomische Fernrohr

oder dasjenige mit zwei Converglåsern. Durch dasselbe wurden die Gegenstånde deutlicher und gråßer, obgleich verkehrt gesehen. In seiner Dioptrik zeigte er sehr gut die Wirkung und die Vortheile dieses Fernrohrs. Das Verkehrtsehen hatte bei Himmels=Beobachtungen gar keinen åblen Erfolg. Auch ein Tubus mit einem converen und einem concaven Glase, wovon ersteres vor das Auge kam, also Okularglas war, letzteres nach dem Gegenstande hin gerichtet wurde, folglich Objektivglas war, hatte Kepler angegeben. Wåre dieser große Mann zugleich Kånstler gewesen, oder håtten ihm geschickte Kånstler zu Gebote gestanden, so wårde die Anwendung seiner vortrefflichen Theorie noch viel glåcklichere Folgen får die optische und astronomische Wissenschaft gehabt haben.

§. 173.

Nach Kepler nahm Christoph Scheiner vor dem Jahr 1630 manche Verbesserungen mit den Fernråhren vor. Er machte auch ein besonderes Fernrohr mit zwei converen Augenglåsern, wozu ihm Kepler die Idee an die Hand gegeben hatte. Anton Maria de Rheita kam wenige Jahre nachher auf die Einrichtung des Fernrohrs mit drei Augenglåsern, wovon man zwei, die nach der Mitte des Rohrs zu liegen, gewåhnlich Collectivglåser nennt. So erfand er das eigentliche Erdrohr, welches die Gegenstånde nicht mehr verkehrt zeigt, und deswegen hauptsåchlich zu Beobachtungen der auf der Erde befindlichen Gegenstånde bequem ist. Ebenderselbe Rheita erfand auch das Binokular=Teleskop (§. 178.)

Der Englånder Neille und der Franzose Borel machten sich vornehmlich durch die Verfertigung sehr langer, stark

vergrößernder Fernröhre bekannt. Solche Fernröhre waren zuerst in der Mitte des siebzehnten Jahrhunderts zum Vorschein gekommen. Aber so lange Fernröhre waren beim Beobachten sehr unbequem. Deswegen schlug Hartsoecker vor, die Röhre ganz wegzulassen und das Objektivglas in freier Luft, etwa an der Spitze eines Baums, einer Mauer rc. zu befestigen. Huyghens verbesserte diese Luftfernröhre dadurch, daß er das Objektivglas in eine kurze Röhre faßte, und so an eine lange Stange fest machte. Die Röhre konnte er mittelst eines kugelartigen Gelenks (einer Nuß) regieren. De la Hire schloß das Objektivglas nicht in eine Röhre, sondern in ein Bret ein.

§. 174.

Man wußte es längst, daß eine ordentliche Größe des Gesichtsfeldes und eine gute Helligkeit mit zu den Haupterfordernissen brauchbarer Fernröhre gehören. Diese Erfordernisse suchte man bei Erd-Fernröhren dadurch zu erhalten, daß man die Zahl der Gläser vermehrte. Man brachte aber auch dadurch eine größere Deutlichkeit zuwege, daß man die Röhre inwendig schwarz färbte, um das Zurückwerfen fremder Strahlen zu verhüten, und daß man den Rand der Gläser mit schwarzen Ringen (Blendungen) bedeckte. Das letztere diente zur Abhaltung derjenigen Strahlen, welche nach dem Rande des Glases zu auffallen, um dadurch die unter dem Namen Abweichung wegen der Kugelgestalt bekannte Undeutlichkeit zu verhüten, sowie das Farbenspiel (die um den Bildern der Gegenstände herumliegenden farbigten Säume) zu vermindern. Diese Mittel allein waren freilich immer noch unvollkommen. Es mußte erst eine andere

Bahn gebrochen werden, worauf die Fernröhre zu ihrer höchst möglichen Verbesserung fortschreiten konnten. Diese Bahn brach, auf Newtons und Eulers Untersuchungen gestützt, der Engländer Dollond.

§. 175.

Newton hatte über die verschiedene Brechbarkeit des Lichts in allerley durchsichtigen Körpern höchst belehrende Versuche angestellt und dabei unter andern die Entdeckung gemacht, daß vornehmlich die Zerspaltung des Lichts in seine farbigten Strahlen die Undeutlichkeit der Bilder in den Fernröhren bewirkte (§. 221 f.). Diesen Fehler suchte Euler im Jahr 1747 durch Zusammensetzung verschiedenartiger Mittel und zwar durch Wasser und Glas abzuhelfen, ein Verfahren, das schon im Jahr 1697 David Gregory in Vorschlag gebracht hatte. Nach Euler gab sich auch der Schwede Klingenstierna viele Mühe, durch eine ähnliche Zusammensetzung von verschiedenartigen durchsichtigen Mitteln, helle und deutliche Bilder zu erhalten. Aber die Bemühungen aller dieser Männer waren fruchtlos.

John Dollond war zuerst so glücklich, nach mannigfaltigen Versuchen eine Brechung ohne Farben auch in allen solchen Gläsern, wie z. B. die Linsengläser, zu erhalten, deren Flächen nicht mit einander parallel waren. Im Jahr 1757 machte er seine ersten Versuche mit verschiedenen Glasarten, die nach ihrer verschiedenen Brechbarkeit so construirt und mit einander verbunden waren, daß sie ganz und gar keine Farben mehr darstellten. Er bildete von dem schwächer brechenden Kronglase (einem sehr hellen Crystallglase)

eine convexe Linse, und von dem stärker brechenden Flintglase (mit vielem Bleykalk versetzten Kieselglase) eine concave Linse; beide paßte er genau aneinander und legte sie zu einem Stücke zusammen. So bildeten sie die Objektivlinse. Nicht gleich im Anfange gelang die Verbindung vollkommen. Es mußten erst noch mancherley Schwierigkeiten überwunden werden, welche Dollond durch anhaltende Geduld und Geschicklichkeit endlich völlig besiegte.) Und so brachte er dioptrische Fernröhre von geringer Länge, mit so großen Oeffnungen und Vergrößerungen zu Stande, daß sie nach dem Urtheil der Kenner Alles leisteten, was man nur von ihnen erwarten konnte. Sie präsentirten alle Gegenstände sehr deutlich und mit ihrer wahren Farbe.

§. 176.

Die Dollondsche Erfindung der farbenlosen oder achromatischen Fernröhre eröffnete eine wichtige Epoche für die optischen (und astronomischen) Wissenschaften. Dollond selbst hatte nicht die Verhältnisse bekannt gemacht, nach welchen die Gläser eingerichtet werden mußten, um die achromatische Objectivlinse zu bilden, und Euler konnte sich anfangs nicht überzeugen, daß dem englischen Künstler die Versuche geglückt wären. Als aber Clairaut im Jahr 1756 eine vollständige Theorie von den farbenlosen Gläsern des Dollond geliefert und d'Alembert dieselbe im Jahr 1764 noch bereichert hatte, da sah Euler wohl ein, daß Dollond für seine Erfindung nicht mit Unrecht großen Ruhm einerndtete; und nun gab er in den Jahren 1769 bis 1771 zu Petersburg seine vortreffliche Dioptrik heraus, welche unter andern auch eine Anleitung enthielt, alle Arten von Fernröhren in möglich größter Vollkommenheit zu verfertigen.

Im Jahr 1762 hatte Klingenstierna den von der Akademie der Wissenschaften zu Petersburg ausgesetzten Preiß für die Auflösung des Problems gewonnen: „was für Unvollkommenheiten der optischen Werkzeuge von der verschiedenen Brechbarkeit der Gläser herrühren und wie sie zu verbessern seyn möchten". Dollond fand, daß die Theorien der geschicktesten Mathematiker und Naturforscher über diesen Gegenstand sich nicht allgemein anwenden ließen, weil in der Güte der Glasmassen so beträchtliche Abweichungen vorkommen. Alle nachfolgende Künstler, welche ebenfalls achromatische Gläser nach Dollondscher Art machten, mußten dasselbe gestehen.

§. 177.

Im Jahr 1758 verbesserte Dollond sein Fernrohr noch dadurch, daß er zwei Objektivgläser von Kronglas und eins von Flintglas mit einander verband. Sein Sohn Peter Dollond, welcher mit Ruhm in des Vaters Fußstapfen trat, nahm noch manche Verbesserungen mit den Fernröhren vor. So verfertigte er dreifache achromatische Objektivgläser in noch größerer Vollkommenheit, als der Vater. Boscowich beschrieb im Jahr 1768 die verbesserten Dollondschen Fernröhre. Nicolaus Fuß gab im Jahr 1774 einen guten Unterricht, alle Arten von Fernröhren zu verfertigen. Der verdienstvolle Prechtl in Wien hat erst ganz kürzlich einen noch vorzüglichern Unterricht darin gegeben.

Andere geschickte Optiker und Mechaniker Englands suchten es dem Dollond in Verfertigung der Fernröhre gleich zu thun, oder ihn wohl gar noch zu übertreffen. So kamen aus Ramsdens und Tiedemanns kunstreichen Händen vortreffliche achromatische Fernröhre ans Licht. Tie-

demann beschrieb die seinigen im Jahr 1785. Größere Fernröhre, als solche von 3½ Fuß, machten die beiden Dollonds nicht. Erst in der neuesten Zeit sind noch größere und viel wirksamere achromatische Fernröhre, sogar solche, deren Objektivlinse 1 Fuß im Durchschnitt hatte, fabricirt worden, namentlich von dem ausgezeichneten deutschen Künstler Reichenbach und dessen Nachfolger Fraunhofer in München, die auch das Flintglas noch besser zu bereiten wußten, als die Engländer. Solche Reichenbach-Fraunhofersche Fernröhre übertreffen in Hinsicht der starken Vergrößerung und der Deutlichkeit Alles, was bis dahin an Fernröhren geleistet worden war.

Um's Jahr 1771 zeigte Lambert, wie man in kleinen Fernröhren, die nur ein (concaves) Augenglas oder auch ein davor befindliches Collectivglas haben, die Farbenspielung vermeiden könne, ohne daß man nöthig hat, zweierlei Glasarten zu nehmen. Die Möglichkeit einer solchen Einrichtung ist von andern Optikern an Galileischen Taschenperspectiven (§. 171.) erwiesen worden.

§. 178.

Im Jahr 1788 hatte Gußmann in Wien vorgeschlagen, an einem achromatischen Fernrohre, statt des Okularglases, ein zusammengesetztes Mikroskop (§. 186.) anzubringen, um eine ausnehmend starke Vergrößerung zu erhalten. Dieser Vorschlag scheint aber nie realisirt worden zu seyn.

Pater Anton Maria de Rheita schlug schon um's Jahr 1665 ein doppeltes Fernrohr vor, in dessen beide Röhren man zu gleicher Zeit mit beiden Augen hineinsehen sollte. Ein solches Fernrohr ist aber nie allgemein geworden,

obgleich selbst lange nachher Pater Cherubino von Orleans es sehr zu empfehlen suchte. Eine Art Nachtfernröhre oder Katzenaugen, besonders als Kometensucher brauchbar, hatte schon Huyghens angegeben. Es kam bei diesen wenig vergrößernden Teleskopen darauf an, daß man wegen ihrer großen Oeffnung und eines großen Okularglases recht viel auf einmal damit übersehen konnte. Unter andern beschrieben Muschenbroek und de la Lande solche Fernröhre. Noch viel wichtiger und sehr gebräuchlich wurden die Spiegelteleskope oder reflectirenden Teleskope, auch Reflectoren oder (im Gegensatze zu den blos aus Gläsern bestehenden dioptrischen Fernröhren) katoptrische Fernröhre genannt, die keine bedeutende Länge zu besitzen brauchen und doch sehr stark vergrößern.

§. 179.

Schon im Jahr 1616 soll der italienische Jesuit Zucchi auf den Gedanken gekommen seyn, bei Fernröhren, statt der Objektivgläser, metallene Hohlspiegel zu nehmen; und wirklich soll er damit gelungene Versuche gemacht haben, wie man aus seiner im Jahr 1652 zu Lyon herausgegebenen Optica philosophica sieht. Doch ist diese Idee wieder der Vergessenheit Preiß gegeben worden. Mersenne schlug um's Jahr 1639 zur Vergrößerung entlegener Gegenstände ein Paar parabolische Hohlspiegel vor, wie aus einem zu Paris 1644 erschienenen hydraulisch-pneumatischen Werke von ihm erhellt. Aber auch dieser Vorschlag wurde nicht in Anwendung gebracht, vorzüglich wegen der Einwürfe des Descartes, welcher behauptete, es würde dabei durch die Reflection viel Licht verloren gehen. Der Schottländer Jacob Gregory

that im Jahr 1663 den Vorschlag, statt der bloßen Spiegel, eine Verbindung von Spiegeln und Gläsern zu nehmen. Ein im Mittelpunkte mit kreisförmiger Oeffnung versehener parabolischer Hohlspiegel sollte die von weit entfernten Gegenständen her kommenden Strahlen zusammenlenken und sie einem kleinern elliptischen zuschicken, von welchem sie durch Gläser in die Oeffnung des größern Hohlspiegels hinein und nach dem Auge hin gebracht würden. Gregory wußte aber seinen Vorschlag nicht auszuführen, weil er keinen parabolischen Spiegel bekommen konnte. Etwa neun Jahre nach Gregory's Vorschlage brachte Newton das erste Spiegelteleskop (kata-dioptrisches Teleskop) zu Stande.

§. 180.

Als nämlich dieser große Britte im Jahr 1666 den Grund der Undeutlichkeit der dioptrischen Fernröhre hauptsächlich in der Farbenzerstreuung (oder Zerspaltung des Lichts in die farbigten Strahlen) gefunden hatte, und troß seines tiefen Nachdenkens sie nicht hinwegzuschaffen im Stande war, so verfiel er endlich auf den Gebrauch der Spiegel in Verbindung mit Gläsern. In der That brachte er auch ein Teleskop mit einem sphärischen Hohlspiegel aus Metall zu Stande, welches dreissig- bis vierzigmal vergrößerte und im Jahr 1672 von der königlichen Societät der Wissenschaften zu London mit Beifall aufgenommen wurde.

Der sphärische Hohlspiegel dieses Newtonschen Teleskops, welcher die Stelle des Objektivglases vertrat, fing die Strahlen des Gegenstandes auf und warf sie auf einen in seinem Brennpunkte befindlichen, unter einem Winkel von 45 Graden gegen die Axe des Teleskops geneigten, Planspie-

gel. Der Planspiegel schickte das aufgefangene Bild dem zur Seite befindlichen Okularglase zu. Man mußte daher in dieses Teleskop zur Seite hineinsehen, und die Gegenstände erschienen darin dem Auge verkehrt.

§. 181.

Um dieselbe Zeit brachte der Franzose Cassegrain ein Teleskop ans Licht, das mit dem Gregoryschen viele Aehnlichkeit hatte. Cassegrain stellte in die Axe eines größern Hohlspiegels, der in seiner Mitte eine kreisrunde Oeffnung hatte, einen kleinen converen Spiegel, welcher das Bild des größern Spiegels auffing und es durch jene Oeffnung dem Okularglase zuschickte. Diese Teleskope sind wenig in Anwendung gekommen; Smith hatte über sie und die Newtonschen Reflectoren Berechnungen angestellt. Hook nahm hernach wieder zu Gregory's Einrichtung (§. 179) seine Zuflucht. Wirklich brachte er ein sehr gutes Teleskop von dieser Art zu Stande, welches er im Jahr 1674 der Londoner Societät der Wissenschaften überreichte. Mitchel stellte über die vorhandenen Spiegelteleskope manche lehrreiche Betrachtungen an.

Beinahe fünfzig Jahre lang bekümmerte man sich nicht mehr um die Verbesserung der Teleskope. Erst im Jahr 1718 widmete sich ihnen John Hadley wieder, und zwar mit glücklichem Erfolge. Im Jahr 1723 übergab er der Londoner Societät ein Teleskop nach Newtonscher Art, welches vortheilhaft gebaut und von sehr guter Wirkung war. Indessen war es bei diesen Fernröhren doch immer eine Unbequemlichkeit, von der Seite hineinzusehen. Deswegen machte sich auch Hadley seit dem Jahre 1726 wieder an die Gre-

gorySchen Teleskope. Den kleinen Hohlspiegel stellte er so vor den in der Mitte durchlöcherten größern Hohlspiegel, daß er ihn nach den verschiedenen Entfernungen der Objekte und nach der verschiedenen Güte der hineinsehenden Augen leicht verschieben konnte. Auch wandte er zwei oder mehr Okulargläser an; und so wurde das Bild des Gegenstandes deutlich und aufrecht gesehen. — Solche Gregoryschen Spiegelteleskope nach Hadleyscher Verbesserung sind in der Folge vornehmlich zu terrestrischen Beobachtungen sehr beliebt geworden. Sie waren aber auch, mit einem zweckmäßigen Stative versehen, sehr bequem zu gebrauchen. Nur Schade! daß durch die Oeffnung des großen Hohlspiegels gerade derjenige Theil verloren ging, welcher zur Deutlichkeit des Bildes am nothwendigsten ist.

§. 182.

Hawksbee nahm sich zuerst wieder der Newtonschen Spiegelteleskope mit Ernst an. Nachdem er mit ihnen bedeutende Verbesserungen vorgenommen hatte, so brachte er sie in einen solchen Zustand, daß nun unter den drei vorhandenen Arten von Spiegelteleskopen, den Gregoryschen, Cassegranischen und Newtonschen, bei einerlei Länge das Newtonsche am stärksten vergrößerte. Um das Richten dieses Teleskops, in welches man von der Seite hineinsah, zu erleichtern, (besonders, wenn es groß und dick war), so wurde genau über seiner Axe und parallel damit ein kleines dioptrisches Fernrohr angebracht.

Rasch schritten nun die Vervollkommnungen dieser Teleskope, sowie der Fernröhre überhaupt, vorwärts. So verfertigte der Schottländer Short im Jahr 1734 Spiegel-

teleskope, welche alle bisherige weit übertrafen, z. B. gegen zwölfhundertmal vergrößerten. Short besaß sehr viele Geschicklichkeit in der Bearbeitung der Spiegel, selbst der parabolischen Hohlspiegel. Aber auch Molyneux, Bradley und Scarlet thaten viel für die Vervollkommnung der Metallspiegel, die meistens aus einer Composition von Kupfer, Zinn und Arsenik verfertigt wurden. Smith, Mudge, Dollond und Edwards, welche die Compositionen zu den Spiegeln verbesserten, gaben auch über das Schleifen und Poliren derselben schriftliche Belehrungen. Erst zu Anfange des neunzehnten Jahrhunderts fand man die Platina zu den Spiegeln der Teleskope ganz vortrefflich, weil Platinaspiegel sich sehr schön poliren lassen und nicht anlaufen. Kostspielig sind sie freilich.

§. 183.

Die Erfindung der achromatischen Fernröhre (§. 175 f.) verminderte schon damals etwas den Gebrauch der Spiegelteleskope. Demohngeachtet behielten sie noch immer ihren Werth, hauptsächlich nach den mit ihnen noch vorgenommenen Verbesserungen des Dollond, Ramsden, Nairne, Adams, Herschel u. a.

Am berühmtesten ist Wilhelm Herschel, ein geborner Hannoveraner, der nach England zog, durch seine Spiegelteleskope geworden. Eigentlich ein Musikus von Profession, aber zugleich ein großes mechansches Genie, der sich durch eigenen Unterricht und durch Uebung sehr gute mathematische Kenntnisse und viele mechanische Kunstfertigkeiten erwarb, legte er sich in England vorzüglich auf Astronomie, auf Optik und Mechanik!

§. 184.

Anfangs verfertigte Herschel Newtonsche Spiegelteleskope von 2 bis 20 Fuß Länge; auch Gregorysche von 1 bis 10 Fuß Brennweite. Im Jahr 1781 fing er an, ein dreißigfüßiges Teleskop zu machen, aber der Spiegel dazu verunglückte ihm zweimal beim Gießen. Er ließ daher die Sache liegen und behalf sich noch immer mit zwanzigfüßigen Teleskopen, womit er selbst viele Entdeckungen am Himmel machte. Nach einigen Jahren wurde aber doch wieder der Trieb in ihm rege, ein größeres Teleskop zu verfertigen; und da er von der königlichen Societät der Wissenschaften dazu aufgemuntert und von dem Könige selbst sehr freigebig unterstützt wurde, so faßte er den Entschluß, ein vierzigfüßiges Spiegelteleskop zu machen. Bald ging er auch wirklich ans Werk. Leider! mißriethen wieder ein Paar Spiegel beim Guß. Er goß im Februar 1788 den dritten, und dieser fiel sehr gut aus. Er wog 2118 Pfund, hatten hinten eine Breite von 49½, in der polirten Spiegelfläche von 48 Zoll. Seine Dicke betrug 3½ Zoll. Das vierzigfüßige Rohr war aus Eisenblech verfertigt, und das Teleskop selbst vergrößerte, wenn man Okulargläser von sehr kurzen Brennweiten einsetzte, dreitausendmal.

Zum Schleifen und Poliren des ungeheuern Spiegels hatte Herschel eigne sehr gut combinirte Maschinen verfertigt; auch das Gestelle des riesenmäßigen Werkzeugs war mit einer schönen Maschinerie versehen, wodurch es sehr leicht von der Hand eines Menschen nach horizontaler und vertikaler Richtung hingedreht werden konnte.

§. 185.

Die Verfertigung der Newtonschen Spiegelteleskope nach

Herschelscher Art, welche man auch wohl Herschelsche Teleskope nennt, wurde in der Folge auch in die Werkstätte anderer geschickter Künstler hinverpflanzt. Der berühmte Astronom Schröter zu Lilienthal bei Bremen gebrauchte zu seinen Beobachtungen anfangs ein siebenfüßiges Teleskop, welches er von Hirschel erhielt. Mit demselben machte er seine ersten wichtigen Entdeckungen im Monde. In der Folge legte er sich selbst auf die Verfertigung solcher Teleskope. Wirklich brachte er vor etlichen dreißig Jahren große und vollkommene Instrumente von dieser Art zu Stande. Sein größtes war ein sieben und zwanzig füßiger Reflector, welcher jetzt auf der Göttingischen Sternwarte sich befindet.

An Schrader in Kiel fand Schröter bald einen glücklichen Nachahmer. Trefflich bearbeitete Schrader unter andern ein sechs und zwanzig füßiges Spiegelteleskop, das von sehr guter Wirkung war. Auch Schröder in Gotha und noch einige andere geschickte deutsche Künstler verfertigten damals und später große Newtonsche Reflectoren von ausnehmender Güte. In den neuesten Zeiten aber, wo besonders durch Reichenbachs und Fraunhofers Bemühungen die dioptrischen Fernröhre (§. 177) zu einen so außerordentlichen Grad von Vollkommenheit gebracht worden sind, wodurch sie an Stärke der Vergrößerung und an Deutlichkeit die besten Spiegelteleskope übertreffen, findet man die letztern entbehrlich. Wirklich ruhen sie jetzt meistens auf den Sternwarten, und werden darauf in der Folge vielleicht nur noch als historische Merkwürdigkeiten zu sehen seyn.

§. 186.

Die Erfindung der zusammengesetzten Mikro-

skope, welche wegen ihrer sehr starken, oft ungeheuer starken Vergrößerung, hauptsächlich für den Naturforscher sehr wichtig sind, hat ohngefähr gleiches Alter mit der Erfindung der Fernröhre. Bei solchen Mikroskopen sind mehrere Glaslinsen in eine Röhre eingeschlossen; und während bei Fernröhren recht große Objektivgläser zu einer bedeutenden Wirkung erfordert werden, so gehören zu sehr starken Vergrößerungen der Mikroskope recht kleine Objektivlinsen.

Wahrscheinlich hat der Brillenmacher Zacharias Jansen zu Middelburg unter Beistand seines Sohnes am Ende des sechszehnten Jahrhunderts auch das erste zusammengesetzte Mikroskop geliefert. Vater und Sohn widmeten es dem Erzherzoge Albrecht von Oesterreich. Ohngefähr im Jahr 1618 kam dasselbe Instrument an Cornelius Drebbel zu Alkmar, den man deswegen auch oft für den Erfinder desselben ausgab. Er war es aber so wenig, als der Neapolitaner Franz Fontana, der sich diese Ehre gleichfalls zueignen wollte. Die Zeugnisse des letztern sind nicht älter als 1625, während die zusammengesetzten Mikroskope ums Jahr 1621 in Holland und in Deutschland schon ziemlich in Gebrauch waren.

§. 187.

Der berühmte Torricelli verfertigte bald sehr niedliche Mikroskope. Zu recht starken Vergrößerungen gehörten ganz kleine Glaslinsen von sehr geringen Brennweiten; und solche kleine Linsen waren sehr schwer zu schleifen. Deswegen kam Torricelli auf den glücklichen Gedanken, kleine gläserne Kügelchen, welche stark vergrößerten, an der Lampe zu schmelzen. Das ging in der That herrlich; mit Ver-

gnügen und Bewunderung machte man nun Gebrauch von solchen Gläsern. Torricelli sandte einige derselben dem Cavaleri; dieser dankte ihm am 5ten April 1644 recht sehr dafür. Der Großherzog Ferdinand II. bezeigte sein Wohlgefallen an Torricellis Erfindungen durch reichliche Geschenke an Gelde, aber auch durch eine an einer goldenen Kette hängenden Medaille mit der Devise: Virtutis praemia.

Nicht lange darauf wurden solche Glaskügelchen auch von andern Künstlern verfertigt, z. B. von Hartsoecker und von Hook. Mit diesen Kügelchen entdeckte Hartsoecker zuerst die Saamenthierchen, welche zu einem neuen System der Zeugung Veranlassung gaben. Huyghens hatte bewiesen, daß ein solches Kügelchen, dessen Durchmesser $\frac{1}{10}$ Zoll beträgt, hundertmal vergrößert. Leicht konnten sie aber so klein gemacht werden, daß die Vergrößerung dreihundertfach wurde. Die kleinsten Kügelchen machte der Neapolitaner di Torre, welcher im Jahr 1765 vier davon der Londoner Societät der Wissenschaften übersandte. Davon sollte z. B. das eine jeden Gegenstand in der Länge 2560mal vergrößern. Baker, der sie prüfte, konnte sie wegen ihrer Undeutlichkeit nicht gebrauchen. Bessere Kügelchen brachte Nicholson zum Vorschein. In der letzten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts gaben die Engländer Butterfield und Adams auch schriftliche Anleitungen, die Kügelchen gehörig zu schmelzen.

§. 188.

Leeuwenhoek machte sich am meisten durch mikroskopische Entdeckung berühmt, obgleich seine Mikroskope nur einfache (§. 164.) waren, aber solche, die wohl 160mal ver-

größerten. Er legte jedes Glas in die Vertiefung von durchbohrten silbernen Platten, und das zu beobachtende Objekt befestigte er entweder unmittelbar mit Leim an die eine Nadel, oder durch Beihülfe eines ganz dünnen Glases. Die Nadel konnte er in jede beliebige Entfernung vom Glase bringen. Er hatte eine bedeutende Sammlung solcher Mikroskope, die er der königlichen Societät der Wissenschaften in London vermachte. Um die Größe kleiner Gegenstände zu schätzen, so verglich sie Leeuwenhoek mit Sandkörnern, deren 100 an einander gelegt, einen Zoll ausmachten.

Folkes und Baker untersuchten in der Folge die Leeuwenhoekschen Mikroskope; sie fanden, daß ihre vorzüglichste Eigenschaft, große Deutlichkeit war. Sie bestanden aus geschliffenen Linsen, und nicht aus Kügelchen. Letztere konnte man freilich zu stärkern Vergrößerungen bringen.

§. 189.

Die wohlfeilsten Mikroskope, die man auch am leichtesten verfertigen konnte, lernten wir durch den Engländer Grey kennen. Man nimmt nämlich mit einer Nadelspitze einen Tropfen ganz klares Wasser auf und thut ihn in ein kleines Loch einer metallenen Platte. Weil die brechende Kraft des Wassers geringer ist, als des Glases, so vergrößert ein Wasserkügelchen nicht so viel, als ein Glaskügelchen von gleicher Größe. Dafür kann man aber die Wasserkügelchen desto kleiner machen.

Vorzüglich merkwürdig sind die einfachen Mikroskope, welche erst vor Kurzem der Engländer Brewster vorschlug. Diese Mikroskope sollen nämlich aus den sehr kleinen Cry-

stallinsen der Fische bestehen, welche schön klar und vollkommen kugelartig sind.

§. 190.

Seit dem Anfange des achtzehnten Jahrhunderts, besonders aber seit den letzten fünfzig Jahren, sind die zusammengesetzten Mikroskope bedeutend verbessert worden, theils in Hinsicht der Wahl uud Zusammensetzungsart der Gläser, theils in Hinsicht der Arbeit an den Röhren und der bequemen Auf- und Niederbewegung des Objektivglases über dem zu betrachtenden Gegenstande. Die erste sehr wesentliche Verbesserung verdanken wir dem Engländer Wilson. Schon im Jahr 1702 richtete dieser die Mikroskope so ein, wie wir sie noch jetzt gebrauchen, nämlich mit zwei Röhren, die sich in einander schieben lassen, mit einem Objektiv- und einem Okularglase, mit Schiebern, worin kleine Gegenstände, die man betrachten will, zwischen dünnen durchsichtigen Plättchen eingeschlossen sind u. s. w. In der Folge hat man jenen Gläsern noch ein drittes, ein Collectivglas beigefügt. Undurchsichtige Gegenstände besser zu beleuchten, gebrauchte man vor der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts zuerst einen silbernen gut polirten Hohlspiegel, der die Sonnenstrahlen auffangen und auf die Gegenstände hinwerfen mußte.

§. 191.

Obgleich man gewöhnlich den Balthasoris zu Erlangen als Erfinder des Sonnenmikroskops, und zwar ums Jahr 1710 angiebt, so hat man dieses Instrument doch schon früher gekannt. Samuel Reyher redete schon im Jahr 1670 (in seiner Mathesis mosaica) von demselben. Das Sonnenmikroskop hat die Bestimmung, sehr kleine von

der Sonne beleuchtete Gegenstände in einem dunkeln Zimmer auf einer Ebene groß, oft ungeheuer groß, darzustellen. Lieberkühn gab ihnen im Jahr 1738 eine ganz neue, viel bessere Einrichtung.

Der Engländer Cuff verfertigte bald nachher sehr viele solcher Instrumente; s'Gravesande aber brachte in der Mitte des achtzehnten Jahrunderts an ihnen ein gezahntes Räderwerk an, wodurch man den Hohlspiegel so drehen konnte, daß er immer Sonnenstrahlen auffangen, und horizontal ins Zimmer werfen mußte. Wiedeburg vereinfachte und verbesserte diese Vorrichtung im Jahr 1758.

Obgleich Lieberkühn schon vor der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts die Sonnenmikroskope für undurchsichtige Gegenstände eingerichtet, und der Baron von Gleichen im Jahr 1781 gute Sonnenmikroskope beschrieben hatte, so vervollkommnete sie Aepinus ums Jahr 1785 doch noch mehr. Statt Sonnenstrahlen aufzufangen und auf die Objektive hinwerfen zu lassen, hatte man dies auch mit Lichtstrahlen von einer Lampe versucht. Sehr schöne, aber auch sehr complicirte Lampenmikroskope brachte im Jahr 1786 der Engländer Adams ans Licht.

§. 192.

Die Undeutlichkeit der Bilder oder die Abweichung und Zerspaltung der weißen Strahlen wegen der Kugelgestalt (§. 174 f.) fand auch bei den Mikroskopen statt. Schon um die Mitte des siebzehnten Jahrhunderts gab sich Eustachio de Divinis viele Mühe, diese Undeutlichkeit durch Verdoppelung der Gläser hinwegzuschaffen. Das half aber

noch nicht viel. Besser gelang es dem Hook bei seinen Mikroskopen mit drei Gläsern.

Auch, der Deutlichkeit unbeschadet, eine stärkere Vergrößerung und ein großes Gesichtsfeld bei Mikroskopen zu erhalten, war das fortdauernde Bestreben mehrerer Künstler. Deswegen wurden Mikroskope mit vier und fünf Gläsern verfertigt. Von solchen Mikroskopen lieferte Euler im Jahr 1751 eine allgemeine Theorie und Pelisson bald nachher auch Beschreibungen und Beurtheilungen. Aepinus suchte eine sehr starke Erleuchtung durch größere achromatische Linsen, etwa wie bei kleinen Fernröhren, zu erhalten. Aber erst in der neuesten Zeit ist durch Fraunhofer in München und durch Oechsle in Eßlingen in der Verfertigung von Mikroskopen mit achromatischen Gläsern viel geleistet worden.

§. 193.

Der Engländer Robert Baker verfertigte zuerst ein reflectirendes Mikroskop oder Spiegelmikroskop, d. h. ein solches, welches statt des Objektivglases einen Hohlspiegel hat, der mit seiner hohlen Fläche gegen das Auge gekehrt ist. Er wollte dadurch gleichfalls die Abweichung und Undeutlichkeit wegen der Farben vermeiden. Sein Landsmann Smith verbesserte diese Spiegelmikroskope. Sie sind aber nur wenig in Gebrauch gekommen.

Dagegen ist viel Fleiß auf die immer weitere Vervollkommnung desjenigen Mechanismus verwandt worden, wodurch die Stellung der Gläser gegen einander bei der geringsten Verrückung des Objekts verändert werden kann. Das Mikroskop des Engländers Marschall ließ sich mittelst

einer Stellschraube an einem viereckigten Stabe auf- und niederbewegen. Culpeper stellte es auf drei Füße. Cuff nahm zwei Stangen, die man in einer Hülse auf- und niederwärts bewegen und mittelst einer Druckschraube in jeder Lage feststellen konnte. Rheinthaler in Leipzig nahm eine gezahnte Stange, durch die er das Mikroskop, in Beziehung auf die Objektivlinse, mittelst eines kleinen Rädchens hinauf- und hinunter drehte. Und so sind noch von andern verdienten Mechanikern der neuern Zeit, wie Brander in Augsburg, Hofmann in Leipzig, Tiedemann in Stuttgart, sowie früher von den ältern und jüngern Adams in London, sinnreiche Vervollkommnungen mit den Mikroskopen vorgenommen worden.

§. 194.

Beschreibungen von Mikroskopen, die nach verschiedener Art eingerichtet sind, giebt es mehrere. Campano gab schon im Jahr 1686, Grindel 1687 und Bonanni 1691 eine solche Beschreibung. Die Beschreibung des Joblot in Paris vom Jahr 1718 war mannigfaltiger, sowie diejenige des Baker in London vom Jahr 1743 und 1752 vornehmlich den Gebrauch der Mikroskope zu verschiedenen Zwecken lehrt. Eine ähnliche Absicht hatte Meuen mit seiner Beschreibung vom Jahr 1747, Lieberkühn mit der seinigen vom Jahr 1745 und Schilling mit der vom Jahr 1803. Brander in Augsburg beschrieb im Jahr 1769 ein Paar Arten der von ihm verbesserten Mikroskope; Adams beschrieb die seinigen im Jahr 1787. Bischofs Beschreibnng vom Jahr 1760, sowie diejenige des Fuß vom Jahr 1778, und des Tiedemann vom Jahr 1785 betrafen nicht die Mikro-

skope allein, sondern auch die Fernröhre. — Von Herschels, Schröters und Schraders großen reflectirenden Teleskopen erhielten wir gleichfalls vollständige Beschreibungen.

§. 195.

Die Zauberlaterne oder magische Laterne (Laterna magica) erfand der Pater Kircher in der Mitte des siebzehnten Jahrhunderts. Ein blechener laternenartiger Kasten enthält vorn in einer doppelten in einander verschiebbaren Röhre zwei convexe Gläser und an einer gegenüber liegenden Stelle innerhalb des Kastens einen kleinen Hohlspiegel, welcher das Licht einer ohngefähr in der Mitte des Kastens, nämlich im Brennpunkte des Spiegels, befindlichen Lampe auffängt und auf Glasstreifen gemalte Objekte wirft, die hinter der Röhre hin- oder hergeschoben werden können. Von diesen Objekten präsentiren sich dann Bilder auf einer in dem verdunkelten Zimmer befindlichen weißen Fläche, z. B. auf der weißen Wand oder auf einer ausgespannten weißen Leinwand. Ist die weiße Leinwand fein und hübsch durchscheinend (oder hat man auch wohl weißes geöhltes Papier genommen) und ist sie wie ein Vorhang mitten in einem Zimmer, auch wohl nur vor die Oeffnung einer Thür gespannt, so sehen die auf der einen Seite befindlichen Zuschauer die Bilder deutlich, welche die Zauberlaterne auf die andere Seite der Leinwand fallen ließ, und man hat die sogenannte Geistererscheinung (Fantasmagorie), besonders wenn weiße Objekte auf schwarz lackirte Glasscheiben einradirt (oder eingeschabt) waren.

Daß auch die Zauberlaterne nach und nach verbessert wurde, kann man leicht denken. Besonders haben Bran-

der im Jahr 1775 und Häseler im Jahr 1779 verschiedene wesentliche Verbesserungen mit ihr vorgenommen. Ohnstreitig hat sie zur Erfindung des Sonnen- und Lampenmikroskops (§. 191.) die nächste Veranlassung gegeben.

§. 196.

Ein interessantes optisches Instrument, welches in der Mitte des sechszehnten Jahrhunderts Johann Baptist Porta erfand, ist die dunkle Kammer (Camera obscura). Ein dunkler Kasten enthält vorn in einer Röhre ein convexes Glas und in dem Kasten hinter der Röhre befindet sich ein unter einem Winkel von 45 Graden gegen den Boden des Kastens geneigter Planspiegel. Wird nun jenes convexe Glas nach gewissen Gegenständen hin gerichtet, so machen die in das Glas fallenden Strahlen hinter dem Glase Bilder von den Gegenständen, diese kleinen Bilder werden von dem ebenen Spiegel aufgefangen und auf den mit weißem Papier belegten Boden des Kastens geworfen. Die Bilder haben zum Theil Leben, wenn das Instrument nach Straßen oder andern belebten Gegenden hingerichtet wird. Wie merkwürdig und interessant (auch zum Abzeichnen von Gegenden nützlich) man diese Erfindung fand, kann man leicht denken.

In der Folge hat man diese dunkle Kammer, die dem Erfinder den Namen eines Zauberers zuzog, und in dessen eine mit Vorhängen versehene Oeffnung man den Kopf steckt, um die Bilder deutlich sehen zu können, auf verschiedene Art verändert, um sie wirksamer und ihren Gebrauch bequemer zu machen. Unter andern hat man den Planspiegel so gestellt, daß er die aufgefangenen Bilder, statt hinunterwärts auf den

Boden des Kastens, hinaufwärts auf ein matt geschliffenes Glas werfen mußte.

Ein besonderer Nutzen der dunklen Kammer war noch der, daß sie die Beschaffenheit des Sehens so trefflich erläuterte. In der That machte man auch kleine dunkle Kammern von der Gestalt eines menschlichen Auges, sogar mit einer Einrichtung, daß Brillen für Kurz- und Weitsichtige dabei angewandt werden konnten. Uebrigens beschrieb schon Porta seine dunkle Kammer ziemlich deutlich. Eine tragbare Camera obscura, um Sachen in natürlicher Größe abzuzeichnen, hatte Hook erfunden.

§. 197.

Erst vor wenigen Jahren erfand der Engländer Wollaston seine helle Kammer (camera lucida), nämlich einen kleinen höchst einfachen zum Abzeichnen der Bilder gut beleuchteter Gegenstände trefflich dienenden Apparat, aus einen eigens geschliffenen, wegen des Richtens auf einem einfachen Gestelle bewegbaren gläsernen Prisma bestehend, worin Strahlen, welche von den Gegenständen hineinfallen, nicht durch Brechung, sondern durch Zurückwerfung ins Auge kommen.

Folgende Versuche gaben die Veranlassung zur Erfindung des Instruments. Wenn Wollaston auf seinem Tische ein glatt Papier von oben nach unten ansah, und während dieses Anschauens zwischen das Auge und das Papier ein flaches Glas unter einem Winkel von 45 Graden legte, so erblickte er durch die Reflection in dem Glase die vor ihm befindlichen Gegenstände, und zwar in derselben Richtung, unter welcher er durch dasselbe Glas das Papier

sah, auf welcher die Bilder der Gegenstände sich hinwarfen. Er konnte dann mit einem Bleistift den Umriß der Bilder auf das Papier zeichnen, aber verkehrt, wegen der einfachen Zurückwerfung. Nun suchte er ein Glas so zu schleifen, daß er eine zweite Reflection erhielt, welche die Bilder wieder aufrecht darstellte. Und so kam er, nach mehreren Versuchen, endlich auf das eigens geschliffene Prisma, dessen Gebrauch zum Abzeichnen von Gegenständen der Natur sowohl, als auch zum Kopiren von schon vorhandenen Zeichnungen immer mehr Mannigfaltigkeit erhielt.

§. 198.

Wie nützlich der Gebrauch der ebenen Spiegel (Planspiegel) in Haushaltungen, vorzüglich für das schöne Geschlecht ist, braucht wohl nicht auseinandergesetzt zu werden. Die ältesten Spiegel waren ohnstreitig Metallspiegel, d. h. ein Stück Metall, anfangs vermuthlich Silber, hernach eine Composition von Kupfer und Zinn, mit einer eben geschliffenen schön polirten Oberfläche. Schon im alten Testament kommen solche Spiegel vor.

Als die Glasspiegel in Gebrauch kamen, da setzte man die Metallspiegel nach und nach immer mehr bei Seite. Erst als die reflectirenden Teleskope erfunden wurden (§. 179 f.) nahm man auch wieder zu Metallspiegeln seine Zuflucht, weil man zu jenen Instrumenten keine Glasspiegel gebrauchen konnte. Denn letztere zeigen in gewissen Lagen doppelte, ja mehrfache Bilder, wegen der Dicke der Glastafel, durch welche die Strahlen von Gegenständen hindurch bis an das hintere Belege und auch wieder zurück müssen; und da werden denn manche Strahlen nicht einmal, sondern doppelt

und mehrfach reflectirt. Machten die Alten auch schon brauchbare Metallspiegel, so haben die Neuern es doch noch viel weiter in dieser Kunst gebracht. Metall von so weißer Farbe und von so feiner Politur, wie wir es an den Herschelschen Teleskopen bewundern, waren die Alten nicht darzustellen im Stande.

§. 199.

Die Glasspiegel sind aber ebenfalls schon alt. Nach Plinius Bericht soll man sie zuerst auf der Glashütte zu Sidon gemacht haben. Sie bestanden wahrscheinlich aus Glastafeln, die eine dunkle undurchsichtige Unterlage hatten. Vermuthlich kam man erst im dreizehnten Jahrhundert der christlichen Zeitrechnung auf den Gedanken, der Glastafel ein Belege aus geschmolzenem Blei oder Zinn zu geben, womit man die eine Seite der Glastafel bedeckte. Noch später belegte (oder foliirte) man die Glastafel mit einem Amalgama von Zinn und Quecksilber, wie es noch jetzt üblich ist. Wahrscheinlich geschah dies auf den italienischen Glashütten zu Murano zuerst. Die Glastafeln selbst waren anfangs blos solche, die durch Blasen, Aufschneiden der Glasblase und Strecken des auf einem ebenen Heerde ausgebreiteten Glases gebildet wurden. Der Franzose Abraham Thevart hat im Jahr 1688 zuerst auch gegossene Glastafeln und zwar von bedeutender Größe verfertigt. Nur bei gegossenen Glastafeln konnte man sehr große Spiegel erhalten, deren Höhe und Breite ein gehöriges Verhältniß hatten. In Hinsicht der Reinheit des Glases, des genauen Schleifens und Polirens etc. ist in der Folge manches bei den Spiegeln vervollkommet worden.

§. 200.

Daß ein Paar ebene Spiegel einen zwischen ihnen be-

findlichen Gegenstand vervielfältigen und zwar um so mehr, je kleiner der Winkel ist, den die Spiegel mit einander machen, und daß man ferner eine unzählige Reihe von Bildern eines Gegenstandes zwischen den Spiegeln sieht, wenn diese parallel mit einander sind, weil dann der eine Spiegel den andern wieder die aufgefangenen Strahlen zuwirft, wußte man längst. Es gründeten sich darauf die sogenannten Winkelspiegel, die Spiegelkasten, Spiegelkabinette u. dgl. Für einen Uneingeweihten gab dies manche interessante oder seltsame Erscheinungen. So war es auch mit den Zauberperspectiven, den Operngucker oder Polemoskopen und ähnlichen optischen Spielwerken, bei denen ebene Spiegel in Röhren so gestellt waren, daß man darin sehen konnte, was zur Seite, hinter dem Rücken, jenseits einer Mauer ꝛc. vorging, oder daß man glaubte, damit durch eine Hand, durch ein Bret u. dgl. sehen zu können. Solche seltsame optische Spielwerke haben schon Roger Bako, Porta, Zahn u. a. beschrieben.

Ohngefähr vor ein Dutzend Jahren gründete man auf eine ähnliche Stellung der Spiegel, wie bei dem Winkelspiegel, die Erfindung des so bekannt gewordenen Kaleidoskops oder Schönheitsguckers (Prachtseherohrs). Brewster in London erfand diese artige optische Vorrichtung, obgleich auch Deutsche ihm die Erfindung derselben streitig machen wollen. Voigtländer, Schönstedt, Rospini u. a. haben das Instrument freilich noch schöner und mannigfaltiger eingerichtet.

§. 201.

Die richtige Erklärung aller Wirkungen der aufgeführten

optischen Instrumente beschäftigte von jeher viele der scharfsinnigsten Mathematiker und Physiker. Bei einer solchen Erklärung durfte man freilich das Wesen des Lichts nicht bei Seite setzen. Waren auch die Hypothesen der Alten darüber (§. 143.) unhaltbar und zum Theil lächerlich, so haben doch auch ganz vorzügliche neuere Gelehrte manche seltsame Theorie darüber zum Vorschein gebracht. Descartes nahm an, der ganze Weltraum sey mit unendlich vielen unsichtbaren harten Kügelchen angefüllt, die sich unmittelbar berührten, und wenn sie gestoßen würden (z. B. von der Sonne), so pflanzte sich der Stoß überall fort, träfe unter andern auch unsere Augen und so sähen wir alle Körper, von welchen solche Stöße ausgingen. Huyghens aber ließ viel natürlicher und richtiger, das Licht auf ähnliche Art, wie den Schall, aus wellenförmig fortgepflanzten Wirbeln oder Schwingungen eines elastischen Mittels bestehen und auf ähnliche Art sich fortpflanzen, wie der Schall, wie die Wasserwellen, durch einen hineingeworfenen Stein erzeugt, u. s. w.

Gassendi und manche andere geschickte Physiker hielten das Licht für einen Ausfluß materieller Theilchen aus den leuchtenden Körpern. Auch Newton stellte ein ähnliches Ausfluß- oder Emanationssystem auf. Von den leuchtenden Körpern strömten, nach seiner Meinung, feine, im Einzelnen unsichtbare materielle Theile auf ähnliche Art hinweg, wie der Duft von riechenden Körpern, wie der Wärmestoff, wie die entwickelte elektrische Materie ꝛc. von Körpern hinwegströmt. Diese Hypothese, die natürlichste und wahrscheinlichste unter allen, hat bis auf den heutigen Tag noch nie gründlich widerlegt werden können. Der berühmte

Euler suchte sie dadurch umzustoßen, daß er wieder eine feine Himmelsluft annahm, die alle Körper, wie ein Sieb, durchströme; Erschütterungen der Sonne, meinte er, breiteten sich darin aus, wie Kreise im Wasser oder wie die Schallwellen der in zitternde Bewegung gesetzten Körper. Unmöglich konnte sich ein solches Vibrationssystem, obgleich es in den neuern Zeiten Young noch zu vertheidigen suchte, lange halten. Das System des Newton, der lieber Beobachtungen, als leere Spekulationen machte, hat unter andern auch durch die neuere Chemie, z. B. durch Veränderungen, welche manche Körper nur vom Lichte erleiden konnten, wenn es etwas Materielles ist, immer mehr Festigkeit bekommen. Auch dynamische Naturphilosophen, welche das Licht als eine besondere Wirkungsart gewisser Körper auf unser Sehorgan betrachteten, konnten unter den gründlichsten Naturforschern wenigen Anhang finden.

§. 202.

Daß der Lichtstoff ein ganz außerordentlich feiner Stoff seyn muß, kann man schon daraus schließen, daß man an den leuchtenden Körpern, von welchen er nach allen möglichen Richtungen hinwegströmt, seinen Abgang gar nicht spürt. Die Sonne kann z. B. noch immer, wenigstens für unsere Sinne, so viel Licht von sich hinwegschicken, als dies gleich nach Erschaffung der Welt der Fall war. Aber möglich ist es auch, daß sich an ihr für die abgegangene Quantität Lichtstoff sogleich eine gleiche Quantität, auf irgend eine Weise, entwickelt.

In der neuern Zeit hat man folgende Vergleichung besonders geeignet gefunden, sich von der außerordentlichen

Feinheit des Lichts einen Begriff zu machen. Ein Schrotkorn von 3 Gran, mit der Geschwindigkeit einer Kanonenkugel geschossen, durchbohrt einen Menschen. Das kommt blos von der großen Geschwindigkeit her. Denn die Wirkung, welche ein Körper durch seine Bewegung hervorbringt, ist das Produkt aus seiner Masse in die Geschwindigkeit. Die Geschwindigkeit des Lichts ist aber 1½ Millionenmal größer, als die Geschwindigkeit der Kanonenkugel, folglich würde ein Lichttheilchen, der 1½ Millionen mal kleiner als jenes Schrotkörnchen wäre, noch dieselbe Wirkung wie dieses hervorbringen. Das thut es jedoch nicht; nicht den mindesten bemerkbaren Eindruck eines Stoßes macht das Licht auf unsern Körper, nicht einmal auf das Auge, welches ein sehr empfindliches Organ ist. Seine Feinheit muß daher noch erstaunenswerther, als seine Geschwindigkeit seyn.

§. 203.

Römer, ein Däne, entdeckte im Jahr 1675 die Geschwindigkeit des Lichts, und zwar aus den Verfinsterungen der Jupiterstrabanten, indem ein Beobachter auf der Erde das Ende einer Finsterniß, wo ein Trabant aus dem Schatten des Jupiters tritt, 16 Minuten später sieht, als die genaueste Rechnung angiebt. Hieraus zog Römer den Schluß, das Licht brauche 16 Minuten Zeit, um die Entfernung von dort bis in unsere Augen, etwa 42 Millionen Meilen, zu durchlaufen. Das macht einen Weg von 42000 Meilen in der Sekunde aus.

Von einer so erstaunlichen Geschwindigkeit hatte bis dahin kein Mensch eine Vorstellung gehabt. Aristoteles dachte wohl an eine Bewegung des Lichts; aber er konnte seine

Idee zu keiner Reife bringen; und seit der Zeit bis zu Galilei behalf man sich mit der Vorstellung, die Fortpflanzung des Lichts sey keines Maaßes fähig; denn sie sey augenblicklich. Galilei machte in der That mehrere Versuche, die Geschwindigkeit des Lichts zu messen; aber diese mußten wohl mißlingen, weil er sie mit Fackeln vornehmen wollte, die höchstens zwei Meilen von ihm entfernt waren. Bei einer so geringen Entfernung war die Geschwindigkeit so groß, als wenn die Entfernung Null gewesen wäre. Cassini und Römer kamen mit einander auf den Gedanken, die Verfinsterung der Jupiterstrabanten zur Bestimmung der Licht-Geschwindigkeit zu benutzen; aber Cassini schlug seine Gedanken wieder nieder, weil er bei der Ausführung so viele Schwierigkeiten zu finden glaubte. Römer aber blieb standhaft dabei, und errang auch bald einen völligen Sieg. Bradley, Molineux und andere Astronomen bestätigten bald nachher durch eigne Beobachtungen die Römersche Entdeckung. Auf die außerordentliche Geschwindigkeit des Lichtes, welche bei jeder Entfernung auf der Erde als augenblicklich angesehen werden kann, gründeten die Neuern unter andern die Messungen von Entfernungen durch Losfeuern von Geschützen (wegen Blitz und Knall Abth. I. §. 116.) und die Erfindung der Telegraphen.

§. 204.

Dachte man sich von den so schnell sich fortbewegenden außerordentlich feinen Lichttheilchen eine hintereinander liegende Reihe, so hatte man einen Lichtstrahl; und stieß ein solcher Lichtstrahl gegen eine dunkle undurchsichtige Fläche, so war es kein Wunder, daß er von derselben eben so zu-

rückprallen mußte, wie eine gegen eine Wand geworfene elastische Kugel zurückprallt, wie Lufttheilchen, Wärmestofftheilchen &c. von so mancherlei Körpern zurückprallen, nämlich so, daß der Reflectionswinkel dem Einfallswinkel gleich ist (§. 144.). Das erste aufstoßende Lichttheilchen prallt so zurück, das zweite unmittelbar nachfolgende eben so, das dritte wieder &c. folglich auch der ganze Lichtstrahl.

Daß eine solche Zurückwerfung der Lichtstrahlen auch bei Spiegeln statt findet, wußten die Alten schon, und sie gaben darüber auch schon, wie z. B. Euclides, manche richtige Erklärung. Die Neuern haben freilich erst genauer dargelegt, warum wir Gegenstände in Spiegeln erblicken oder Bilder von Gegenständen in Spiegeln sehen, während wir auf der Oberfläche von rauhen oder nicht blanken Körpern so etwas nicht wahrnehmen. Sie haben unter andern gezeigt, daß die Theilchen der blanken Oberfläche, welche Strahlen zurückwerfen, als lauter sehr kleine Ebenen anzusehen sind, die insgesammt eine ordentliche Lage haben, daß sie daher die von Gegenständen auf sie fallenden Lichtstrahlen in derselben Ordnung zurückwerfen und in's Auge reflectiren, wie sie auf sie fielen, und daß es dann unserer Seele vermöge des Auges vorkomme, als wenn die Gegenstände an der Stelle sich befänden, von welcher die reflectirten Strahlen auszulaufen scheinen. Denkt man sich diese Strahlen verlängert, so kommen sie in einem Punkte hinter der Spiegelfläche zusammen; und so hätte man den Ort des Bildes. Wenn wir nämlich irgend einen Gegenstand sehen, so schätzen wir den Ort des Gegenstandes immer nach derjenigen Richtung der von ihm herkommenden Lichtstrahlen, nach wel-

cher dieselben in unser Auge fallen (§. 205 f.). Das Bild ist also der Gegenstand selbst, den wir nur an einer unrechten Stelle sehen.

Körper mit rauhen Oberflächen können solche Bilder nicht darstellen, weil alle Theilchen der Oberflächen als Ebenen von gar verschiedenen und unordentlichen Lagen anzusehen sind; daher werfen sie die Strahlen nach unzählig vielen Gegenden zurück.

§. 205.

Kepler war der erste, welcher die wahre Beschaffenheit entdeckte, die es mit dem Bilde und mit dem Orte des Bildes hat. Bei krummen Spiegeln bekommt freilich das Bild eine andere Gestalt und Läge, wie der Gegenstand selbst. Daher fanden hier Barrow, Berkley u. a. manche Schwierigkeiten in der Bestimmung des Bild-Ortes, die eigentlich schon Kepler dadurch beseitigt hatte, daß er erklärte: bei allen Arten von Spiegeln befinde sich der Ort des Bildes da, wo die Summe der zurückgeworfenen Strahlen oder doch der größte Theil dieser Summe in einen Punkt entweder wirklich zusammenliefen oder doch zusammenzulaufen schienen. Auch von den neuesten Optikern konnte nur diese Erklärung und keine andere angenommen werden.

Liegt bei einem Hohlspiegel der Gegenstand zwischen dem Brennpunkte und der Spiegelfläche, so erscheint das Bild des Gegenstandes hinter der Spiegelfläche vergrößert, aber noch aufrecht; liegt er über dem Brennpunkte hinaus, so erscheint das Bild verkehrt vor der Spiegelfläche in der Luft, und zwar vergrößert, wenn der Gegenstand nicht weit vom Brennpunkte entfernt ist, verkleinert, wenn er wei-

ter davon hinweg liegt. Jenes hinter der Spiegelfläche erscheinende Bild ist wieder ein gewöhnliches eingebildetes Bild, weil da die von der Spiegelfläche zurückgeworfenen und auch in das Auge gelangenden (divergirenden) Strahlen hinter der Spiegelfläche zusammenzulaufen scheinen; das letztere vor der Spiegelfläche in der Luft schwebende Bild ist ein wirkliches Bild, d. h. die von der Spiegelfläche zurückgeworfenen Strahlen vereinigen sich an einer gewissen Stelle vor der Spiegelfläche. Steht der Gegenstand im Brennpunkte selbst, so giebt es von ihm kein Bild, weil dann die verlängerten oder verlängert gedachten zurückgeworfenen Strahlen gar keine Vereinigungspunkte haben, sondern parallel fortgehen. Bei einem Convexspiegel ist das Bild stets hinter der Spiegelfläche (ein eingebildetes Bild) und zwar immer aufrecht, aber verkleinert. Alle diese Erscheinungen lassen sich heutiges Tages so erklären, daß die Erklärung mit den Erscheinungen selbst genau übereinstimmt.

Brougham, welcher über die Zurückwerfung des Lichts mancherley Untersuchungen anstellte, bekannte sich zu dem Newtonschen Gesetze, daß das Licht von den Körpern mittelst einer repulsiven Kraft derselben, die sich bis auf eine gewisse Entfernung erstrecke, zurückgeworfen werde.

§. 206.

Auf die Eigenschaft, daß ebene Spiegel die Gegenstände, welche sich darin präsentiren, in der natürlichen Größe und Gestalt zeigen, Hohlspiegel sie unter den bewußten Umständen vergrößern, Convexspiegel sie verkleinern, hat man schon vor ein Paar hundert Jahren allerley seltsame Spielereyen gegründet, namentlich die sogenannten katop=

trischen Anamorphosen, aus Cylinderspiegel oder Kegelspiegel bestehend, welche Gegenstände um sie herum verzerrt, und nach gewissen Regeln verzerrt gezeichnete Gemälde wieder ordentlich zeigen. Solche Spiegel wirken nämlich nach gewissen Richtungen (nach der Länge) als ebene, nach andern (nach der Quere) als convexe Spiegel. Daraus muß wohl eine Verzerrung oder eine Zusammenziehung des Verzerrten in das Ordentliche erfolgen.

In der Mitte des siebzehnten Jahrhunderts kannten Schwenter und Schott schon solche Anamorphosen, die zu manchen Belustigungen dienten. Schott lehrte auch schon verzerrte Gemälde machen, deren Bild beim Aufsetzen des blanken Cylinders oder des blanken Kegels ordentlich erschien. Im Anfange des achtzehnten Jahrhunderts haben besonders Wolf und Leupold sich mit ihnen abgegeben.

Es giebt freilich auch dioptrische und optische Anamorphosen. Erstere, welche zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts Wolf und Leutmann zu verzeichnen lehrten, bestehen aus verzerrten Bildern, die durch ein eigen geschliffenes pyramidenförmiges, in einer Röhre eingeschlossenes Glas zu ordentlichen Figuren zusammengezogen werden. Die blos optischen Anamorphosen, sind verzerrte Bilder, die nach gewisser Richtung betrachtet, die gehörige Regelmäßigkeit erlangen. Bei Simon Stevin findet man solche verzerrte Bilder zuerst; später auch bei Schott, Kircher u. a.

§. 207.

Die Brechung (Refraction), welche die Alten schon kannten, war wohl hauptsächlich diejenige in Wasser und in

Glas. Daß Strahlen von der Sonne, vom Monde und von den Sternen auch durch die Atmosphäre der Erde, wenn sie schief hineinfallen, von der geraden Linie abgelenkt werden, hat man erst später eingesehen. So bemerkten z. B. die ersten Astronomen nicht, daß der Abstand zweyer Sterne von einander am Horizonte kleiner ist, als in einer bedeutenden Höhe über demselben. Ptolemäus aber, der 150 Jahre nach Christi Geburt lebte, kannte schon diese sogenannte astronomische Strahlenbrechung. Derselbe große Mann gab auch schon eine sehr vernünftige Erklärung von der scheinbaren Vergrößerung der Sonne und des Mondes nahe am Horizonte.

Viel um die Strahlenbrechung bekümmerte sich der Araber Alhazen im zwölften Jahrhundert. Selbst Experimente stellte er darüber an, mit Luft und Glas, Wasser und Glas rc. Er zeigte schon, daß die Höhen der Gestirne (ihr Bogen über dem Horizonte) durch die Strahlenbrechung vergrößert wird. Auch behauptete er, daß die Sterne wegen der Strahlenbrechung bisweilen schon über dem Horizonte gesehen werden, obgleich sie sich noch darunter befinden. Vitellio, Bernhard Walther und Tycho de Brahe bestätigten in der Folge diese Bemerkung. Letzterer besonders hat viele Sorgfalt auf Bestimmung der astronomischen Strahlenbrechung verwendet.

§. 208.

Kepler, der die Strahlenbrechung ebenfalls fleißig untersuchte, und dazu auch ein eignes sogenanntes anaklastisches Werkzeug erfand, wollte unter andern gefunden haben, daß, wenn die Lichtstrahlen unter einem Winkel in's

Glas fallen, der kleiner als 30 Grade ist, der Brechungswinkel ohngefähr zwei Dritttheile davon betragen müsse. Das fanden andere Naturkundige nicht bestätigt. Scheiner suchte gleichfalls das Gesetz der Brechung zu erforschen; er maß das Verhältniß des Einfallswinkels und des Brechungswinkels aus Luft in Wasser, und brachte die Resultate seiner Beobachtungen und Versuche in eine Tabelle, welche nachher Kircher mittheilte. Kircher selbst stellte darüber Experimente an, um die Brechungen der Lichtstrahlen im Glase, im Oehle und im Weine aufzufinden.

Man mußte mit den Resultaten dieser Versuche wohl so lange zufrieden seyn, bis man etwas Besseres darüber zum Vorschein gebracht hatte. In dem ersten Viertheile des siebzehnten Jahrhunderts trat nämlich Willebrordus Snellius zu Leyden als Entdecker des wahren Gesetzes der Strahlenbrechung auf. Er zeigte, daß bei jeder Art von Brechung der Sinus des gebrochenen Winkels ein bestimmtes Verhältniß zum Sinus des Neigungswinkels habe. Es ist zwar nie ein Werk von Snellius über diese Entdeckung erschienen. Voßius gab aber eine sichere Nachricht davon, und zeigte dabei zugleich an, daß sein Landsmann auch über die Refractionslinie Untersuchungen angestellt habe, was auch von de Witt geschehen sey. Descartes machte die Entdeckungen des Snellius, mit etwas veränderter Form des Ausdrucks in seinen Schriften bekannt, ohne den Entdecker zu nennen; und doch soll er, nach Huyghens Versicherung, Snellius Schrift gelesen haben. Die Zweifel, welche Fermat und Leibnitz gegen diese Theorie erhoben, konnten nicht genügend erwiesen werden.

§. 209.

Anfangs glaubte man, daß blos die Dichtigkeit der verschiedenen durchsichtigen Mittel schuld daran sey, wenn ein Strahl unter gleichen übrigen Umständen mehr gebrochen werde. Im Jahr 1664 scheint man erst in Erfahrung gebracht zu haben, daß die Größe der Brechung sich nicht nach der Dichtigkeit der brechenden Mittel richte. Denn aus einem Briefe des Boyle vom 3ten November jenes Jahres an den Secretair der Londoner Societät der Wissenschaften sieht man, daß Weingeist die Lichtstrahlen stärker bricht, als Wasser, obgleich er specifisch leichter ist, und daß das noch leichtere Terpentinöhl selbst eine stärkere Brechung bewirke als Salzwasser. Man suchte auch schon das Verhältniß dieser verschiedenen Brechung zu bestimmen. Hook, de la Hire und andere Naturkundige bestätigten jene Entdeckungen bald durch eigne Versuche. Experimente mit vielen durchsichtigen Flüssigkeiten stellte Hawksbee an. Euler that dies in der Folge mit noch mehr durchsichtigen Körpern und mit viel größerer Genauigkeit. De Chaulnes suchte vorzüglich genau die Brechungskraft des Glases auszumitteln.

Von der Zeit an sagten genaue Naturforscher, wenn von der Brechung der Lichtstrahlen die Rede war, immer: Strahlen, die aus einem schwächer ziehenden in ein stärker ziehendes Mittel einfahren, werden mehr gebrochen; und Barrow zeigte zuerst, daß Strahlen, welche aus Luft in Glas, Wasser, Weingeist und Oehle hineinfahren, nach dem Perpendikel (dem Einfallslothe) zu, und, wenn sie wieder herausfahren, von dem Perpendikel hinweg gebrochen werden.

§. 210.

Die hauptsächlich für Astronomen so wichtige und schon von Tycho de Brahe und Walther mit besonderer Aufmerksamkeit betrachtete, Strahlenbrechung in der Luft (§. 207.) beschäftigte vom Ende des siebzehnten Jahrhunderts an manche scharfsinnige Mathematiker. So gab sich de la Hire viele Mühe, ein bestimmteres Gesetz dafür zu entdecken. Er glaubte annehmen zu können, der Weg des Lichtstrahls durch die Atmosphäre sey eine Cycloide, wobei er voraussetzte, die Dichtigkeit der Luft verhalte sich wie das Gewicht (der Luftschichten) selbst, womit sie zusammengedrückt wird. Hermann, Taylor und andere zeigten bald, daß de la Hire sich geirrt habe.

Bouguer bestimmte in einer Pariser Preißschrift vom Jahr 1729 die Curve, welche ein schief durch die Atmosphäre gehendes Lufttheilchen beschreibt, und verfertigte darnach eine Tafel der astronomischen Refractionen für alle Grade der Höhe eines Gestirns. Dieser Tafel fehlte aber die erforderliche Genauigkeit. Einige Jahre nach Bouguers Tode gab Bradley eine sehr einfache und bequeme Formel zur Berechnung der astronomischen Strahlenbrechung.

§. 211.

Lambert stellte über die brechende Kraft der Luft genaue Beobachtungen an, wodurch er im Stande war, beim Höhenmessen der Berge manche glückliche Correctionen vorzunehmen. Hierbei setzte Lambert aber eine Unveränderlichkeit der Brechungskraft der Luft oder einen gewissen mittlern Zustand der Luft voraus. Wie bedeutend sich oft die brechende Kraft der Atmosphäre verändert, beobachtete schon zu

damaliger Zeit der Engländer Nettleton. Euler nahm sehr genaue Untersuchungen über die brechende Kraft der Luft vor, in so fern Wärme- und Elasticitäts-Veränderung darauf einwirkte. Er zeigte, daß die Brechung, bis auf eine beträchtliche Entfernung vom Scheitel hin, sich hinlänglich genau wie die Tangente dieser Entfernung verhalte, und daß sie mit den Barometerhöhen in einem geraden, mit den Unterschieden der Thermometerhöhen in einem verkehrten Verhältniß stehe. Nur wenn die leuchtenden Himmelskörper nahe am Horizonte sich befinden, wachsen die Abweichungen schneller, vornehmlich bei veränderter Wärme. Was Mitchel, Musschenbroek, Melville u. a. über das Blinkern der Fixsterne beibrachten, war zum Theil sehr scharfsinnig; aber erst später gab man darüber einfachere und wahrscheinlichere Erklärungen, die nicht blos auf der ungleichen Brechung des Lichts, sondern auf der ungeheuren Entfernung der Fixsterne beruhten, welche diese Himmelskörper, selbst in sehr guten Fernröhren, nur als einen bloßen ungemein glänzenden Lichtpunkt erscheinen lasse.

§. 212.

Kannte man die Gesetze der Brechung, so konnte man auch die Wirkung der kugelförmigen oder Linsen-Gläser in Hinsicht des Brennens, Vergrößerns, Vernäherns ꝛc. leichter erklären. Was Maurolycus, Porta und einige andere ältere Optiker hierin geleistet haben, war nicht bedeutend. Erst Kepler that hierin einen großen Schritt vorwärts. Er war es, der zuerst eine deutliche Erklärung des Effekts der Linsengläser gab, wie die convexen Linsen die Strahlen sammlen, die concaven sie zerstreuen. Seine Wer-

ke über die optischen Wissenschaften allein (seine 1604 zu Frankfurt herausgekommenen Paralipomena ad Vitellionem und seine 1611 zu Augsburg erschienene Dioptrice) würden schon seinen Namen verewigen, wenn er auch um keine andern Zweige der Mathematik Verdienst gehabt hätte.

Kepler zeigte unter andern Folgendes: Wenn ein Planconvexglas mit der ebenen Seite Strahlen auffängt, die mit der Axe parallel sind, so werden diese hinter der convexen Seite in einer Entfernung vereinigt, welche dem Durchmesser dieser erhabenen Seite gleich ist; und wenn solche parallele Strahlen in ein auf beiden Seiten gleich erhabenes Glas fallen, so vereinigen sie sich in dem Mittelpunkte der Oberfläche. Für Gläser, deren Flächen ungleich erhaben sind, gab er keine eigentliche Regel; er sagte nur, daß hier der Brennpunkt dem Glase näher als drei Halbmesser der Vorderfläche und auch näher, als zwei Halbmesser der Hinterfläche läge. Die Bestimmung dieses Punktes hat man mehrere Jahre später dem Cavaleri zu danken. Die Regel dieses, 1647 zu Bologna gestorbenen, berühmten Mannes war: Wie sich verhält die Summe der Durchmesser der beiden Flächen des Glases zu einem derselben, so verhält sich der andere zu der Brennweite oder zu der Entfernung des Vereinigungspunktes der parallelen Strahlen vom Glase. Bei Convexgläsern liegt der Brennpunkt hinter dem Glase, und die Strahlen kommen wirklich in ihm zusammen; bei Concavgläsern aber liegt er vor dem Glase und die Strahlen fahren hinter demselben so auseinander, als wenn sie von jenem Punkte hergekommen wären. Hier ist also der Brennpunkt nur ein eingebildeter.

§. 213.

Wußte man dies, so konnte man auch schon beurtheilen, wie ein Linsenglas die Richtung der Strahlen ändert, wenn sie nicht parallel einfallen. Wenn z. B. Strahlen aus dem Brennpunkte eines conveχen Glases kommen, so müssen sie hinter dem Glase parallel ausfahren; wenn sie aus einem Punkte zwischen dem Brennpunkte und dem Glase herkommen, so bleiben sie nach der Brechung auseinander fahrend, aber nicht so stark, wie vorher; und wenn sie von einem Punkte herkommen, der weiter, als der Brennpunkt, vom Glase liegt, so muß ihr Vereinigungspunkt jenseits des Brennpunktes auf der andern Seite des Glases liegen.

Kepler machte noch die besondere Bemerkung, daß Strahlen, die von einem Punkte in der doppelten Entfernung des Brennpunktes vor dem Glase ausfahren, in derselben Entfernung hinter dem Glase sich vereinigen werden. Spätere optische Schriftsteller, vornehmlich Barrow, gingen noch genauer zu Werke; sie gaben den Vereinigungspunkt für jede Entfernung eines leuchtenden Körpers oder Punktes von dem Glase an. Sie stellten für jedes Converglas die Regel fest: der Unterschied der Entfernung eines leuchtenden Punktes vom Glase und der Brennweite verhält sich zur Brennweite, wie jede Entfernung zur Weite des Vereinigungspunktes hinter dem Glase.

§. 214.

Waren diese Gesetze gründlich bekannt, so konnte man auch leicht die Wirkung der Fernröhre, der Mikroskope, der Zauberlaternen ꝛc. begreifen. Das Bild, welches irgend ein Glas von einem Gegenstande dar-

stellt, fällt immer an denjenigen Ort, wo die Summe (oder doch der größte Theil) der von dem Glase gebrochenen und herausgefahrnen Strahlen des Gegenstandes sich vereinigen, oder von welchem sie, wenn das Auge sie empfängt, auszulaufen scheinen. Und immer erscheint ein Gegenstand so viel mal vergrößert, als der Winkel größer wird, unter welchen man den Gegenstand sieht. Durch mehrere Gläser nun, wovon das eine die schon einmal gebrochenen Strahlen des vorhergehenden rc. auffängt und noch einmal bricht, kann bei Fernröhren und zusammengesetzten Mikroskopen das Einfallen der aus dem letzten Glase (dem Okularglase) kommenden Strahlen in das Auge so beschaffen seyn, daß der Gegenstand unter einen viel größern Winkel gesehen, folglich für das Auge bedeutend vernähert wird.

Was auf diese Art bei Erklärung des Effekts der Fernröhre, Mikroskope rc. Kepler geleistet hat, ist in der Folge von Barrow, Smith, Pristley u. a. noch genauer dargestellt, berichtigt und mannigfaltiger ausgedehnt worden.

§. 215.

Die Stärke der Vergrößerung eines Fernrohrs (auch eines Mikroskops rc.) suchte man im Anfange durch Erfahrung auszumachen, indem man mit einem Auge durch das Instrument nach einem Gegenstande von bekannter Größe und Entfernung hinsah und das Bild mit einer andern Sache verglich, die man mit bloßem Auge erblickte. So prüfte Hawksbee die vergrößernte Kraft seines Teleskops, und so verfuhren auch Foikes, Jurin u. a.

Seit der Mitte des siebzehnten Jahrhunderts wußte man sich zu demselben Zweck schon der Mikrometer

zu bedienen, welche man auch oft anwendet, die wahre Größe des Gegenstandes selbst zu finden. Man versteht unter Mikrometer allerlei in dem optischen Instrumente angebrachte mechanische Einrichtungen, wodurch man das Bild des Gegenstandes in dem Brennpunkte des Objektivglases zu messen im Stande ist.

§. 216.

Gascoigne, welcher sich vor den bürgerlichen Kriegen in England schon dadurch bekannt gemacht hatte, daß er die Dioptern an Quadranten mit dem Fernrohre vertauschte, und ums Jahr 1640 eine leider! verloren gegangene Optik schrieb, soll zuerst ein Mikrometer erfunden haben. Das Instrument kam glücklicher Weise in die Hände des Townsley und wurde auch von Hook gesehen. Ersterer versicherte, man könne damit einen Fuß in 40000 Theile theilen. Mit dem Bilde im Brennpunkte des Fernrohrs geschah das Theilen durch die Bewegung zweier metallener Platten, die sehr scharfe Ecken hatten. Diese Vorrichtung machte das Mikrometer aus. Hook schlug als solches zwei feine parallel gespannte Haare vor.

Huyghens Mikrometer bestand wieder aus dünnen Platten mit scharfen Kanten; Newton zeigte bald dessen Unvollkommenheiten. Malvasia bediente sich ums Jahr 1662 dazu eines Gitters von feinem Silberdraht, das in dem gemeinschaftlichen Brennpunkt des Objektiv- und Okularglases gebracht wurde. Auzout und Picard gebrauchten dazu im Jahr 1666 sehr feine Seidenfäden, die gitterartig zusammengefügt waren. Ein solches Fadengitter lobte besonders de la Hire zur Messung der Größe einer Son-

nen= und Mondfinsterniß. Cassini nahm vier Kreuzfäden; Martin, Smith u. a. feine Glastäfelchen mit Parallellinien, die mit Diamant darauf eingerissen waren. Und so wurden bald nachher noch andere Mikrometer von Kirch, Hecker, Römer, Savery, Bouguer ꝛc. bekannt.

§. 217.

Vorzüglich berühmt wurden im achtzehnten Jahrhundert die Mikrometer des Tobias Mayer vom Jahr 1748 mit Parallellinien; des Fontana vom Jahr 1778 mit Fäden von Spinnweben; des Pickel vom Jahr 1772 aus einem Rautennetze, von Fäden gebildet; und des Brander vom Jahr 1769 mit ungemein feinen Strichen auf Glas. Ein solcher Strich war kaum $\frac{1}{200}$ einer Linie oder $\frac{4}{10000}$ eines Zolls breit. Auch Höschel, ebenfalls in Augsburg, machte nachher solche feine Glas=Mikrometer.

Kirchs Mikrometer vom Jahr 1696 war ein Schrauben=Mikrometer. Dieses wurde in der Folge von Hevel, Auzout, Römer, Cassini, Bradley u. a. verbessert. Segner suchte im Jahr 1751 das Feld im Mikrometer zu erweitern; Brander im Jahr 1774 und Helfenzrieder im Jahr 1773 ebenfalls. Bouguer erfand vor dem Jahre 1748 sein Objectiv=Mikrometer, welches er Heliometer nannte. Dollond und Short verbesserten dies Mikrometer bedeutend.

§. 218.

Bouguers Objectiv=Mikrometer hatte neben einander zwei Objectivgläser von einerlei Brennweite. Diese Objectivgläser konnten einander genähert oder von einander entfernt werden. Sie gaben daher von einem und demselben Gegen=

stande zwei Bilder. Die beobachtete Entfernung der Objecte im Fernrohre mit dem dazu gehörigen Abstande der Mittelpunkte der Gläser verglichen, gaben ein Mittel an die Hand, den scheinbaren Winkel der Entfernung entlegener Gegenstände zu bestimmen, woraus man denn die Größe derselben herzuleiten vermochte.

Dollond und Short nahmen ein mitten von einander geschnittenes Objectivglas und gaben den beiden Hälften solche Einfassungen, daß sie in horizontalen parallelen Linien konnten auseinander gezogen, folglich in verschiedene Entfernungen gebracht werden. So konnte man auch hier ein doppeltes Bild erhalten und durch ähnliche Schlüsse, wie beim Bouguerschen Instrumente, das Verlangte finden.

Rochons Mikrometer gehört unter die neuesten. Es ist ebenfalls ein solches mit Doppelbildern, und besteht aus zwei gleichen Prismen von Bergcrystall oder Doppelspath, die so aneinander gefügt sind, daß die brechenden Winkel entgegengesetzte Lagen haben.

§. 219.

Eine merkwürdige Art von Brechung der Lichtstrahlen fand Bartholin in Kopenhagen um die Mitte des siebzehnten Jahrhunderts zuerst im rhomboidalischen sogenannten Isländischen Doppelspath, einem weißen durchsichtigen Mineral. Betrachtete er dadurch Gegenstände, so erschienen diese dem Auge, in gewisser Lage desselben einfach, in anderer doppelt, auch wohl mehrfach.

Bartholin machte allerlei optische Beobachtungen an diesem Mineral, indem er es bald so, bald anders legte, bald drehte ꝛc.; und da veränderten sich auch immer die durch

Brechung der Lichtstrahlen hervorkommenden Erscheinungen. Huyghens setzte diese Beobachtungen des Bartholin's fort; und da brachte er noch manche neue Entdeckungen zum Vorschein. Er bestimmte auch die Figur dieses sonderbaren Minerals genauer und suchte die Erscheinungen darin zu erklären. Diese Erklärung genügte aber nicht. Erst Newton erklärte die ungewöhnliche Brechung des Crystalls besser und einfacher aus der Lage der brechenden Flächen und der Verschiedenheit der Winkel, welche die Flächen gegen einander bilden. Beccaria, s'Gravesande, Martin und spätere Naturkundige machten zu Newtons Erklärung noch verbessernde Zusätze. Unter den Neuern haben besonders Hauy, Malus, Biot und Wollaston Untersuchungen über die doppelte Strahlenbrechung angestellt.

§. 220.

Was die Alten, z. B. Plutarch, von Farben anführten, waren nur unvollständige zum Theil seltsame Begriffe. Nur Epicur äußerte darüber einen bessern Gedanken, daß nämlich die Farben nichts Eigenthümliches der Körper seyen, sondern blos aus gewissen Lagen ihrer Theilchen gegen das Auge entständen. Lucretius suchte dies durch die Farben an den Hälsen der Tauben und in den Schwänzen der Pfauen zu erläutern; und Seneka bemerkt schon, daß das Licht der Sonne, welches durch ein eckigtes Stück Glas falle, alle Farben des Regenbogens spiele. Er nennt diese Farben falsche Farben, wie man sie auch an den Hälsen der Tauben sähe, die mit der Lage des Halses sich veränderten. Was Aristoteles über Farben sagte, konnte wenig genügen, wenn es auch scharfsichtig ausgedacht war.

Von der Zeit an bis auf Cartesius kam über die Theorie der Farben nichts Bemerkenswerthes zum Vorschein.

Aber auch die Vorstellung des Descartes von den Farben war irrig, weil sie auf einer falschen Theorie vom Lichte beruhte. Descartes eignete dem Lichte zweierlei Arten von Bewegungen, eine geradlinichte und eine drehende zu. Er meinte, wenn die drehende stärker als die geradlinichte wäre, so müßte die rothe Farbe entstehen; wenn die geradlinichte stärker wäre, so entstände die blaue; und wenn beide Bewegungen gleich wären, die gelbe. Aus diesen drei Farben ließ er die übrigen durch verhältnißmäßige Mischungen sich erzeugen. Zwischen Schwarz und Weiß machte er den nicht unrichtigen Unterschied, daß das Schwarze die Farben ersticke oder erlösche, das Weiße aber sich zurückwerfe. Da er das Licht als die Bewegung eines flüssigen Wesens und mit dem Schalle ähnlich sich dachte, so verglich er die dem Auge so angenehme grüne Farbe mit der Octave in der Musik, die übrigen Farben mit den künstlichen Accorden eines musikalischen Stücks.

§. 221.

Im Jahr 1680 trat Boyle mit seiner Farbenlehre auf. Er war es, welcher die ersten ordentlichen Farben-Versuche anstellte. Er zog aus den Resultaten dieser Versuche unter andern den Schluß, daß die Farben, auch die allerlebhaftesten, blos auf der Oberfläche der Körper sich befänden, daß sie blos in einer Modifikation des von der Oberfläche zurückgeworfenen Lichts beständen und keine inhärirende Eigenschaften der Körper selbst ausmachten. Die Lage der Theilchen auf der Oberfläche wären, nach seiner Meinung, die Ursache von

dem Farbenspiel. Er machte hierbei auf farbigte Tinkturen, auf gefärbte Körper, auf Pflanzen, angelaufenen Stahl, den Regenbogen ꝛc. aufmerksam, sowie auf die Verschiedenheit des Farben=Eindrucks für das Auge beim Sonnen= und Mondlicht u. dgl.

Hooks Erklärungen lauteten wieder anders, und zwar weniger einfach und natürlich. Nur zwei Hauptfarben nahm dieser berühmte Mann an: Blau und Roth. Die übrigen wären aus Vermischungen jener beiden zusammengesetzt. Auch de la Hire suchte eine neue Farbentheorie zu bilden, wobei die Verschiedenheit der Lichtstärke beim Treffen des Sehenervens die Verschiedenheit der Farben hervorbringen sollte. Dem Newton allein sollte es aber vorbehalten bleiben, schon als Entdecker der wahren Farbentheorie unsterblichen Ruhm einzuerndten.

§. 222.

Newton gründete seine Farben=Theorie auf die von ihm im Jahr 1666 entdeckte verschiedene Brechbarkeit der Lichtstrahlen. Als er sich damals mit Schleifung optischer Gläser beschäftigte, da verfertigte er unter andern auch ein dreieckigtes gläsernes Prisma, womit er folgende Experimente anstellte: Er ließ in einem durch Läden verfinsterten Zimmer ein Büschel Lichtstrahlen durch eine kleine runde Oeffnung fallen. Diese Lichtstrahlen fing er mit jenem gläsernen Prisma auf, welches er so den Strahlen entgegen gehalten hatte, daß seine eine Seitenfläche eine horizontale Lage hatte. Die beiden andern Seiten, in die der Strahlenbüschel ein= und ausfiel, waren also nicht parallel. Die Strahlen gingen gebrochen durch das Prisma hindurch; aber der Büschel behielt hinter

dem Prisma nicht die Dicke bei, welche er **vor** dem Einfallen hatte, sondern war **in sieben gefärbte Strahlen gleichsam gespalten**, so, daß er auf einem weißen Papiere ein **Farbenbild** aus Roth, Orange, Gelb, Grün, Helblau, Dunkelblau und Violet (von unten nach oben gerechnet) darstellte. **Newton** ließ **einen** von diesen sieben farbigten Strahlen durch ein kleines in dem Papiere angebrachtes Löchelchen auf ein zweites Prisma fallen; der Strahl ging hindurch, wurde gebrochen, hatte aber beim Herausfahren seine Farbe gar nicht verändert. Aber alle sieben gefärbte Strahlen, mit einem Brennglase aufgefangen, wurden wieder zu einem **weißen** Strahlenbüschel vereinigt.

Aus diesen Versuchen zog **Newton** folgende Schlüsse: Das weiße Licht ist kein **einfaches**, sondern ein aus den genannten sieben Farben **zusammengesetztes Licht**. Jene sieben Farben sind **einfache Farben, Grundfarben**, die in der Vermischung immer Weiß ausmachen; aber von einander getrennt oder gespalten, einzeln farbigt erscheinen. Dies Zerspalten geschieht in dem Prisma deswegen, weil die verschiedenen farbigten Strahlen eine verschiedene Brechbarkeit besitzen; der rothe Strahl wird am wenigsten gebrochen, der violette am meisten. — Seine Experimente wiederholte **Newton** mit mancherlei Abänderungen und größter Vorsicht. Er konnte aber dadurch immer nur auf dieselben Resultate geführt werden. — Ein solches Farbenbild, wie **Newton** es erhielt, hatte übrigens schon vor diesem **Grimaldi** bemerkt, aber ohne davon eine gehörige Erklärung zu geben.

§. 223.

Kaum hatte Newton seine Farbentheorie bekannt gemacht, als sich auch schon mehrere Gegner gegen dieselbe aufstellten. Unter diesen war Hook einer der ersten und heftigsten. Er behauptete, die Hypothese des Descartes sey viel wahrscheinlicher, wonach die Farben nur in Schwingungen eines ätherischen Mittels beständen. Pardies und Mariotte stritten ebenfalls heftig gegen Newtons Theorie; der erstere aber wurde bald durch Newton selbst zu einer andern Einsicht gebracht und für diesen ungestimmt. Auch Mariotte wurde mit seiner Meinung in die Enge getrieben. Dasselbe geschah mit dem Italiener Rizetti.

Desaguliers Versuche über denselben Gegenstand hatten Newtons Theorie in ein noch helleres Licht gesetzt, und die meisten Naturforscher traten dem großen Britten unbedingt bei. Der berühmte Göttingische Astronom Tobias Mayer machte um die Mitte des achtzehnten Jahrhunderts gleichfalls lehrreiche Versuche über die Farben. Er glaubte daraus abnehmen zu können, es gäbe nur drei einfache Farben oder Grundfarben, nämlich Roth, Gelb und Blau; die übrigen vier, welche Newton durch sein Prisma erhielt, wären nur durch eine Vermischung von jenen entstanden. Ums Jahr 1792 machte Wünsch zu Frankfurt an der Oder viele Farben-Versuche. Auch er stellte nur drei Grundfarben auf; aber Roth, Grün und Violet. Dadurch konnte Newtons Theorie freilich nicht widersprochen werden.

§. 224.

Kurz vor dem Jahre 1791 ließ es von Göthe sehr

angelegen sich seyn, die farbigten Säume und Ränder zu beobachten, welche man sieht, wenn helle Körper auf schwarzem und dunkle Körper auf hellem Grunde betrachtet werden. Er meinte, zur Erklärung dieser Phänomene reiche Newtons Farbentheorie nicht aus; hierin irrte er aber, wie bald nachher Gren und andere ihm zeigten.

Als ein Hauptgegner von Gewicht trat von Göthe eigentlich erst im Jahr 1810 (in seiner Farbenlehre) gegen Newton auf. Er erklärte da die Farben-Erscheinungen überhaupt aus dem Gegensatze zwischen Licht und Finsterniß. Er meinte, das Licht werde entweder durch ein trübes Mittel gesehen, oder hinter einem beleuchteten Mittel befände sich die Finsterniß als ein Hintergrund. Im ersteren Falle erschiene das Licht bei geringer Trübung des Mittels gelb, und ginge bei zunehmender Trübung in Gelbroth und Roth über. Wenn man hingegen durch ein weiß erleuchtetes Trübe in die Finsterniß des unendlichen Weltraumes hin sähe, so erschiene dieser bei dichter Trübung bläulich, bei weniger von dieser Trübung aber nähme die Bläue an Tiefe zu und verlöre sich ins Violette. Was nun aber die prismatischen Versuche (§. 222.) betraf, so erklärte sie Göthe durch eine Verrückung des Hellen über das Dunkele und aus einer Bedeckung des Hellen durch das Dunkele. Pfaff verglich im Jahr 1813 mit Scharfsinn Newtons Farbentheorie und Göthes Farbenlehre mit einander.

Nach Eulers Theorie beständen die Farben blos aus schnellern oder langsamern Schlägen des Lichts; z. B. die rothen aus schnellern, die blauen aus langsamern Schlägen ꝛc., die auch den verschiedenen Körpern der Erde mitgetheilt wür-

den. Diese und andere Theorien, wie z. B. diejenige des Hube, des Voigt rc. haben zu viel Willkührliches und sind zu vielen Zweifeln ausgesezt, als daß man sie der Newtonschen vorziehen könnte.

§. 225.

Betrachtet man Körper durch gefärbte transparente Gläser, so erscheinen sie, nach Newtons Theorie, dem Auge von derjenigen Farbe, welche die Gläser hindurchlassen, z. B. Roth, wenn nur der rothe, Gelb, wenn nur der gelbe Strahl rc. hindurchfährt. Was Monge und andere dagegen eingewendet haben, konnte Newtons Theorie keineswegs zernichten. Dasselbe war auch der Fall mit der Erklärung, warum gefärbte undurchsichtige Körper mit dieser oder jener Farbe erscheinen, worüber auch Boscowich scharfsinnige Betrachtungen anstellte. Das Pigment (Pigmentum) besitzt nämlich die Eigenschaft, von dem auffallenden Lichte nur einen Strahl (oder auch wohl einige vermischte Strahlen) ins Auge zurückzuwerfen, die übrigen aber einzuschlucken oder auszulöschen oder auf irgend eine Art bei sich zu behalten. Daher erscheint der Körper dem Auge nur mit der Farbe (Color) des zurückgeworfenen Strahls. So erscheinen z. B. mit Zinnober, mit Cochenille rc. gefärbte Strahlen Roth, weil diese Pigmente die Eigenschaft besitzen, nur den rothen Strahl des beim Auffallen zerspalteten Lichts zurückzuwerfen. So erscheinen mit Indig gefärbte Körper Dunkelblau, weil sie nur den dunkelblauen Strahl ins Auge reflectiren rc. Bis auf den heutigen Tag hat man diese Erscheinungen nicht besser und einfacher zu erklären gewußt.

§. 226.

Schon im sechszehnten Jahrhundert hatte der berühmte Maler Lionardo da Vinci die Idee von einer wissenschaftlichen Mischung der Farben aus gewissen einfachen. Le Blond und Castel verrichteten dies vor Mayer und Wünsch, aus drei Farben (Roth, Gelb und Blau). Zahn kam schon ums Jahr 1685 auf den Gedanken, die Zusammensetzung der Farben in ein Dreieck zu ordnen, aber nicht aus drei, sondern aus fünf Hauptfarben, Roth, Gelb, Blau, Schwarz und Weiß. Daß letztere keine Farben (Colores) waren, wußte er noch nicht. Da auch Tobias Mayer auf die Verfertigung eines solchen Farben-Dreiecks aus drei Pigmenten verfiel, welches er im Jahr 1750 der königlichen Societät der Wissenschaften zu Göttingen vorlegte, so wurden noch andere Gelehrte für denselben Gegenstand empfänglich gemacht, namentlich Schäffer, Schiffermüller, Lambert und Lichtenberg. Letzterer insbesondere verfolgte Mayers Idee weiter und legte im Jahr 1774 der Göttinger Societät ein sehr schönes Farbendreieck vor. — In praktischer Hinsicht mußten diese Bemühungen für Maler und Färber einen besondern Nutzen haben.

Sogar ein Farben-Clavier gab Castel an. Aber schon Mairan zeigte, daß dies Unternehmen mehr ein Werk der Einbildung sey, wegen der großen Unähnlichkeit der Farben und Töne in gar vielen Stücken.

§. 227.

Die Verschiedenheiten oder Veränderungen der Farben bei dicken oder dünnen durchsichtigen Körpern von übrigens

einerlei Art, z. B. bei einer mehr oder weniger tiefen gefärbten Flüssigkeit, sowie das unterschiedliche Farbenspiel, das Opalisiren oder Schillern mancher dünner Körper, wie der Seifenblasen, dünner geblasener Gläser, der Fischschuppen ꝛc. beschäftigte manche Naturforscher, wie Boyle, Newton ꝛc. Untersuchungen über farbigte Ringe an dünnen Blättchen stellte Newton ebenfalls an, sowie später Mazeas, dû Tour und de Chaulnes in Frankreich, Muschenbroek in Holland u. a.; in der neuesten Zeit beschäftigte sich auch unser Göthe damit. Biot brachte jene Erscheinungen mit der Polarisation des Lichts (§. 235.) in Verbindung.

Ueber gefärbte Schatten hat in der neuern Zeit Graf Rumford einige merkwürdige Versuche angestellt. Solche Schatten entstehen, wenn einerlei Körper, durch zwei sehr verschiedene Lichter, z. B. durch schwaches Tageslicht und durch Kerzenlicht beleuchtet, zwei Schatten auf ein weißes Papier wirft. Eben so merkwürdig sind die von Herschel hinter dem Prisma zuerst entdeckten unsichtbaren dunkeln blos erwärmenden Sonnenstrahlen. Derselbe verdiente Mann fand auch, daß unter den verschiedenen farbigten Strahlen die rothen am stärksten, die violetten am wenigsten erwärmen. Durch Versuche des Engelfield, Davy, Wollaston, Böckmann, Wünsch, Berard u. a. wurde diese Entdeckung bestätigt.

§. 228.

Newtons Entdeckungen gaben nun auch die Mittel an die Hand, die Entstehung der Farben zu erklären, welche man um den Bildern der Fernröhre, als eine Art Säume,

sah und welche später Dollond durch seine achromatischen Objectivgläser (§. 175 f.) hinwegschafte. Besonders leicht war nun aber auch die Erklärung der Regenbogen-Farben.

Aristoteles, welcher auch schon von dem mattern Neben-Regenbogen spricht, läßt den Regenbogen durch Zurückwerfung der Sonnenstrahlen entstehen; es kämen dadurch, meinte er, eine große Anzahl Sonnenbilder zum Vorschein, deren jedes unvollkommen sey und nur Farben zeige, weil die Kleinheit jedes Regentropfens kein sichtbares Bild geben könne. Seneka glaubte, der Regenbogen sey das von einer hohlen und feuchten Wolke zurückgeworfene Bild der Sonne, welches wegen der Figur des hohlen Wolken-Spiegels vergrößert und lang ausgezerrt erschiene. Solche und andere eben so seltsame, wenigstens sehr mangelhafte, Erklärungen kamen später, selbst nach der Zeit, wo die Wissenschaften wieder hergestellt wurden, noch immer zum Vorschein.

§. 229.

Im Jahr 1501 behauptete Josse Clichove in Frankreich, daß der Nebenregenbogen ein Bild des Hauptregenbogens sey, weil sich die Farben an ihm in umgekehrter Ordnung zeigen, eben so, wie man am Ufer die Bilder von Gegenständen im Wasser sähe. Meistens dachte man damals und etwas später nur an Zurückstrahlung des Lichts. Porta hingegen erklärte die Farben des Regenbogens durch Brechung der Strahlen, aber nicht in einzelnen Tropfen, sondern in der ganzen Masse des Regens. Maurolycus hatte gleich nach der Mitte des sechszehnten Jahrhunderts sogar schon die Größe der Winkel festgesetzt, unter welchen,

sowohl bei dem Hauptregenbogen, als auch bei dem Nebenregenbogen die Sonnenstrahlen von der Wolke ins Auge gelangen. Er war auch der erste, welcher sieben Farben im Bogen zählte. Früher hatte man immer weniger, die Alten hatten nur drei angenommen. Auch Johann Fleischer, Prediger in Breslau und Markus Anton de Dominis, Bischof zu Spalatro, gaben sich, ersterer im Jahr 1511, letzterer 1611, viele Mühe, den Regenbogen aus Brechung und Zurückwerfung zugleich zu erklären; de Dominis erklärte nur fälschlich den äußern Regenbogen eben so, wie den innern.

So war man doch wenigstens der richtigen Erklärung dieses Phänomens immer näher gekommen. Descartes, der bei seiner Theorie des Regenbogens in der Hauptsache die Grundsätze des Dominis angenommen hatte, gab zuerst die Erklärung, daß der äußere Regenbogen durch zweimalige Brechung und zweimalige Zurückwerfung der Sonnenstrahlen gesehen werde. Besonders suchte er auch die Winkel zu entdecken, unter welchen die verschiedenen farbigten Strahlen in unsere Augen gelangen. Hätte Descartes nicht gleiche Brechbarkeit der verschiedenen farbigten Strahlen angenommen, so wäre seine Erklärung noch vollständiger gewesen. Die erschöpfende Erklärung sollte aber unserm Newton vorbehalten bleiben.

§. 230.

Die Entdeckungen des Newton über die verschiedene Brechbarkeit des Lichts stellten die Ursache des herrlichen Phänomens und die dabei statt findende Ordnung auf eine einfache und überzeugende Art dar. Die vor der Sonne lie-

genden Regentropfen brechen die Sonnenstrahlen und zerstreuen sie, wie das Prisma (§. 122.), in ihre sieben Farben. Die farbigten Strahlen fallen auf die dahinter liegende dunkele Regenwand, werden von dieser nach allen vor ihr liegenden Gegenden zurückgeworfen, und kommen also auch in das Auge des Beobachters. Newton berechnete die Winkel, unter welchen die meisten Strahlen von jeder Farbe in's Auge kommen. Hieraus zeigte er deutlich genug, wie jeder farbigte Strahl einen eignen Kreisbogen bildet, welcher mit den übrigen concentrisch ist; auch legte er die Ursache dar, warum im Hauptregenbogen der violette Strahl inwendig und der rothe auswendig, im Nebenregenbogen hingegen dies Alles verkehrt ist.

Halley, Hermann, Johann Bernoulli und de Courtivron haben ihre mathematischen Kenntnisse auch auf den Regenbogen anzuwenden gesucht, und Langwith, Menzel, Jacob Bernoulli, Webb, Bouguer, le Gentil, Fouchy, Pemberton, Boscowich, Klügel, Hellwag, Hube, Edwards u. a. haben durch manche neue Untersuchungen und Beobachtungen über den Regenbogen die Theorie desselben noch mehr zu erläutern und zu befestigen gesucht. — Einen dritten Regenbogen sah Halley im Jahr 1698 zu Chester, und der Schwede Celsius im Jahr 1743 in Dalekarlien. Mondregenbogen, welche eben so, wie die gewöhnlichen Regenbogen, aber durch das Licht des Mondes entstehen, führte schon Aristoteles an. Und so giebt es ja auch Regenbogen in den feinen herunterfallenden Tropfen einer Fontaine, in einem dunstigen Zimmer um eine Lichtflamme herum rc. Letztere sind freilich mehr eine

Art Höfe, wie wir sie nicht selten um Sonne, Mond und Sterne erblicken.

§. 231.

Die Höfe um Sonne, Mond und Sterne sind helle farbigte Ringe, aber mit viel mattern Farben wie diejenigen der Regenbogen. Auch um Lichtflammen herum sieht man oft solche Höfe an dunstigen Orten. Schon Aristoteles redet von solchen Höfen; er bemerkt unter andern, daß ein Hof (Halo) ein völliger Kreis um die genannten Himmelskörper sey, der, eben so wie die Nebensonnen und Nebenmonde, durch Zurückwerfung der Lichtstrahlen in unserer Atmosphäre erzeugt werde.

In der neuern Zeit beobachteten vornehmlich Descartes, Huyghens, Newton, Weidler, Middleton, Musschenbroek, Guerike, Bouguer, Aepinus, Mallet, Hube u. a. die Höfe, die Nebensonnen und Nebenmonde. Daß Brechung des Lichts, in Verbindung mit Zurückwerfung, in unserer Atmosphäre die Erscheinungen uns vor die Augen stelle, konnte dabei nicht übersehen werden. Sogenannte Luftbilder oder Bilder von irdischen Gegenständen in der Luft (Erhebung, Seegesicht, Fata morgana u. dgl.), wovon insbesondere Porta und Kircher schon redeten, und wie wir sie in neuerer Zeit durch Hohlspiegel im Kleinen nachzuahmen vermögen, hatten einen ähnlichen Ursprung.

§. 232.

Ueber die Ursache der blauen Farbe des Himmels sind nicht blos von den Alten, sondern auch von neuern Naturforschern manche seltsame Gedanken zum Vorschein gekom-

men. Selbst heutiges Tages ist die Erklärung jener Farbe noch nicht auf feste Füße gesetzt. Fromond glaubte, die blaue Himmelsfarbe werde aus einer Mischung von Licht und der Schwärze desjenigen Raums erzeugt, welcher hinter der Atmosphäre sich befände. Wolf, Musschenbroek u. a. stimmten dieser Meinung bei. Faber leitete jene Farbe von der Zurückwerfung des Lichts an den in der Luft herumschwimmenden Theilchen ab; und Eberhard von der eigenthümlichen blauen Farbe der Luft, die an einzelnen Schichten nur nicht bemerkt würde. Otto von Guerike und seine Zeitgenossen glaubten, sie wäre blos eine Mischung von Licht und Schatten. Mazeas, Büffon, Melville, Bouguer, Beguelin und noch manche andere hatten wieder verschiedene Meinungen darüber, woran stets viel ausgesetzt werden konnte.

Nach Nollet wird die blaue Himmels-Farbe von dem durch die Atmosphäre dringenden Lichte der Sonne und der Gestirne bewirkt, indem von diesem Lichte die blauen Strahlen in's Auge reflectirt werden. Auch de Saussüre leitete dieselbe Farbe des Himmels vom reflectirenden Lichte ab. Er meint aber, daß blos die Dünste unserer Atmosphäre diese Art von Reflection veranlaßten; er meint, daß uns der Himmel ohne diese Dünste schwarz erscheinen würde.

§. 233.

Noch zu der Zeit des Descartes glaubte man, daß ein ganz nahe vor einem Körper, ohne an ihn zu stoßen, vorbeigehender Lichtstrahl gerade fortgehen müsse, ohne in seiner Richtung verändert zu werden. Grimaldi entdeckte aber im Jahr 1655, daß ein Lichtstrahl, der bis auf eine gewisse

(geringe) Entfernung vor einem Körper, besonders vor Ecken und Kanten desselben vorbeifährt, von seiner Richtung mehr oder weniger abgelenkt (abgebogen) wird, folglich eine Art von unvollkommener Zurückwerfung oder Brechung erleidet. Newton hat diese Erscheinung zuerst Beugung, Inflection genannt. Im Anfange nannte man sie auch wohl Diffraction.

Dieselbe Erscheinung ist bald nachher auch von Hook beobachtet worden, der von Grimaldi's Entdeckung und Beschreibung derselben im Jahr 1666 wirklich nichts gewußt zu haben scheint. Denn er legte über seine eignen Beobachtungen und Versuche, welche von denen des Grimaldi verschieden waren, im Jahr 1672 der königlichen Societät der Wissenschaften zu London eine Beschreibung vor, einige Monate nach Newtons wichtigen Entdeckungen über die Brechbarkeit des Lichts.

§. 234.

Kaum hatte Newton von jenen Entdeckungen Nachricht erhalten, als sie auch seine Aufmerksamkeit in Anspruch nahmen und ihn nicht blos zur Wiederholung der Versuche des Grimaldi und des Hook, sondern auch zur Anstellung neuer, von ihm selbst ausgedachter, veranlaßten. Die Experimente der drei verdienten Männer zeigten unter andern Folgendes: Wenn ein Sonnenstrahl durch die ganz kleine Oeffnung eines verfinsterten Zimmers auf ein Haar oder auf einen feinen Draht fällt, so wirft Haar oder Draht einen Schatten, den man mit weißem Papier auffangen kann. Dieser Schatten ist breiter, als er beim geraden Fortgange der am Haare oder Drahte vorbeifahrenden Strahlen seyn

müßte. Und wenn das Licht senkrecht auf eine sehr schmale (den vierhundertsten Theil eines Zolles breite) Ritze fällt, die zwischen zwei stählernen Schneiden, etwa Rassirmesser-Schneiden, sich befindet, so theilt es sich und läßt in der Mitte einen Schatten.

Schon Grimaldi und Newton sahen auch neben und innerhalb des von dem Haare oder Drahte auf weißem Papier erzeugten Schattens farbigte Streifen. Folglich wird durch die Beugung des Lichts auch eine Farbenzerstreuung hervorgebracht. Man bemerkte, daß bei der von dem Körper abwärts gehenden Beugung das rothe Licht die größte, das violette die kleinste Inflection hat. Eine solche, durch Beugung veranlaßte Farbenzerstreuung macht sogar die innere Kante jedes Fensterrahmens, wenn Licht durch die Fensterscheibe in's Zimmer fällt. — Die Ursache dieser Farbenzerstreuung sowohl, als der Beugung, welche man in eignen anziehenden und abstoßenden Körpern zu suchen hat, ist von Newton, Leibnitz, Smith, den Bernoulli's, Mairan, Molineux, Bradley, Maupertuis u. a. längst mühsam nachgespürt worden.

§. 235.

Eine Entdeckung der neuesten Zeit ist die Polarität des Lichts. Man wußte es längst, daß nicht blos im Isländischen Doppelspath (§. 219.), sondern auch in andern Kalkspathen, z. B. im Zirkon, im Beryll, im Topas ꝛc., ein hindurchgehender Lichtstrahl in zwei Theile zerspalten wird, wovon der eine die gewöhnlichen Brechungsgesetze befolgt, der andere aber auf eine ungewöhnliche Art unter einem genau bestimmten Winkel gebrochen wird. So entstehen aus jedem

einfahrenden Lichtstrahle zwei ausfahrende. Biot sah diese Erscheinung zuerst als den Erfolg anziehender und abstoßender Kräfte an. Er legte nämlich dem Lichte Polarität bei, d. h. er stellte sich vor, das Licht bestehe aus kleinen, um ihren Schwerpunkt beweglichen, und wie Magnete mit entgegengesetzten Polen begabten Theilchen, die, je nachdem sie andern Körpern einen oder den andern ihrer Pole, oder auch eine Zwischenseite zukehren, von diesen Körpern entweder angezogen, oder abgestoßen, oder gar nicht afficirt werden. Die Pole der Lichttheilchen können nun, sowohl durch Brechung, als auch durch Zurückwerfung, eine bestimmte Richtung bekommen. Alle diejenigen Lichtstrahlen aber, welche die gleichnamigten Pole insgesammt nach einer Seite hinwenden, heißen polarisirte Strahlen. Bei dem nicht polarisirten Lichte findet eine andere Brechung oder Zurückwerfung statt.

Viele Versuche sind über die Polarität des Lichts von Biot selbst, von Arago, von Johann Tobias Mayer, von Malus, von Brewster, von Seebeck u. a. angestellt worden, vornehmlich mit geschliffenen und polirten Glastafeln. Ueber die Polarisation durch Reflection hat besonders Malus manche belehrende Experimente gemacht; und mehrere Licht-Erscheinungen, die man sich früher nicht genügend zu erklären vermochte, können jetzt vermöge jener Polarität viel besser erklärt werden.

§. 236.

Unrichtig und dürftig waren die Kenntnisse, welche die Alten vom Baue des Auges und vom Sehen hatten. Erst

gegen Ende des sechszehnten Jahrhunderts erhielt man darüber bessere Belehrungen. Was Maurolycus im Jahr 1575 von der Beschaffenheit des Auges und vom Sehen beibrachte, gab noch keine besondere Einsichten in diese Lehre. Der Schritt, den Porta darin that, war schon bemerkenswerther. Porta entdeckte nämlich um's Jahr 1583 die Aehnlichkeit des Auges mit der dunkeln Kammer (§. 196.). Dadurch wurde allerdings ein leichterer Weg zur Erklärung des Sehens gebahnt. Aber Porta stellte sich die Sache selbst doch noch unrichtig vor, weil er die Crystalllinse (und nicht die Netzhaut hinter derselben) für die Wand hielt, auf welcher das Bild des Gegenstandes sich abmale, und weil er glaubte, daß von jedem sichtbaren Punkte nur ein einziger Strahl in's Auge käme.

Erst Kepler zeigte im Jahr 1604 recht genau die Art und Weise, wie es mit dem Sehen zugeht. Er bewieß nämlich, daß die crystallene Feuchtigkeit im Auge gleichsam ein Linsenglas ist, welches die Strahlen von den äußern Gegenständen auf der Netzhaut so zusammenbringt, daß jeder Strahlenkegel darauf seinen Vereinigungspunkt hat. Er lehrte ferner, daß das Bild eines Gegenstandes auf die Netzhaut fallen müsse, wenn man den Gegenstand deutlich sehen solle. Auch zeigte er, daß von jedem sichtbaren Punkte des Gegenstandes ein ganzer Strahlenkegel auf das Auge falle, dessen Grundfläche die Hornhaut (der vordere durchsichtige Theil des Augapfels) wäre, und daß man den Vereinigungspunkt der im Auge gebrochenen Strahlen bestimmen könne, welcher das Bild des strahlenden Punktes abgäbe. Christoph Scheiner überzeugte sich um's Jahr 1625 von Keplers Erklä-

rungsart und von so manchen andern das Sehen betreffenden Erscheinungen, durch unmittelbare Versuche, indem er an einem Ochsen- oder Schaafauge die hinteren Häute bis auf die Markhaut oder Netzhaut hinwegschnitt und dadurch in das Auge sehen konnte. Hier erblickte er dann wirklich die Bilder derjenigen Gegenstände, welche in gehöriger Entfernung vom Auge sich befanden, deutlich auf der Netzhaut. Der Eindruck des Bildes mußte durch den Sehenerven (eine Fortsetzung der Netzhaut) bis ins Gehirn fortgepflanzt werden, wenn unsere Seele eine Empfindung davon haben sollte. Scheiner zeigte auch, daß Strahlen, die durch ein kleines Loch (wie die Pupille des Augensterns) gehen, sich einander kreuzen, ehe sie weiter ins Innere des Auges kommen.

Kepler hatte auch schon die Ursache entdeckt, warum einige Menschen kurzsichtig, andere weitsichtig sind. Er zeigte, daß bei dem kurzsichtigen Auge die Strahlen jedes Lichtkegels sich zu früh vereinigen, ehe sie die Netzhaut erreichen; bei dem weitsichtigen Auge aber zu spät, so, daß der Vereinigungspunkt hinter der Netzhaut liegen würde. Vermöge dieser Grundsätze erklärte er, wie das kurzsichtige Auge sich durch Hohlgläser (Zerstreuungsgläser) helfen könne, um dadurch das Bild weiter hinter die Linse, nämlich auf die Netzhaut zu bringen; das weitsichtige Auge durch Convexgläser (Sammlungsgläser), um dadurch das Bild der Crystalllinse, folglich auch der Netzhaut, so zu nähern, daß es auf letztere falle. Maurolycus hatte die Ursache der Kurzsichtigkeit in eine zu erhabene Crystalllinse gesetzt; er glaubte, daß dann die Strahlen auf dem Sehenerven zu nahe an einander kämen.

§. 237.

Manche gute Bemerkungen des Porta über das Sehen wurden später von andern benutzt und berichtigt, vornehmlich von der Zeit an, als Zergliederer des Auges mit Optikern Hand in Hand gingen. Porta erzählte unter andern (in seiner Schrift de refractione) von Menschen, die des Morgens beim Erwachen im Dunkeln sehen können; und da zeigte er nun deutlich, daß dieß hauptsächlich von einer großen Erweiterung des Augensterns (eigentlich des Lichtlochs oder der Pupille im Augenstern) herrühre. Er machte die Bemerkung, daß der Stern im starken Lichte sich unwillkührlich zusammenziehe, bei schwachem Lichte hingegen sich erweitere. Man solle nur, sagt er, das Auge eines andern betrachten, erst wenn dieser sich gegen die Sonne gekehrt habe, und dann, wenn er sich an einen schattigten Ort begebe. So könne man sich von jener Erscheinung leicht überzeugen.

Indessen ist dieselbe Bemerkung schon vor Porta gemacht worden. Daß der Augenstern bei starkem Lichte sich verengere, hat schon Achillinus im Jahr 1522 beobachtet. Ja, selbst Galenus spricht schon davon. Es ist nicht zu verwundern, daß mehrere Personen für sich, auf dieselbe Bemerkung kommen mußten, besonders Aerzte, welche oft Augen beobachteten. Der berühmte Montanus von Padua, welcher 1511 starb, sah es an einem Paar seiner Patienten als etwas Unnatürliches an, daß der Stern (oder vielmehr das Lichtloch desselben) bei starkem Lichte enger, bei schwachem weiter wurde. Nach des berühmten von Hallers Erklärung würde die Erweiterung und Verengerung der

Pupille blos durch den stärkern oder schwächern Zufluß der Säfte in die farbenlosen Gefäße der Iris bewirkt.

§. 238.

In den neuern und neuesten Zeiten hat man über die Beschaffenheit des Auges und seiner verschiedenen Theile sehr genaue Kenntnisse erlangt. Petit zergliederte zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts das Auge sorgfältig; und Leeuwenhoek machte manche schöne Beobachtungen an Thieraugen. Was Porterfield darüber schon im Jahr 1759 mittheilte, war vorzüglich gut in physiologischer, physikalischer und philosophischer Hinsicht. Auch die im Jahr 1771 von Häseler mitgetheilten Betrachtungen über das Auge waren aller Ehren werth. Mit einer herrlichen Anatomie des Auges beschenkte uns Zinn und in der neuern Zeit Sömmering.

Was de la Hire, Mariotte, Perrault, Huygens, Guerike, Rohault, Pecquet, Cherubin, Zahn und einige andere ältere Naturforscher in der Lehre vom Sehen geleistet haben, betraf die Theorie desselben. Bei vielen richtigen Einsichten liefen da freilich auch manche Unrichtigkeiten mit unter. Was um's Jahr 1788 John Stack von der Art des Sehens, von Augenfehlern u. dgl. mittheilte, war lange nicht so instructiv, als das, was uns darüber im Jahr 1789 Georg Adams lehrte, besonders auch über die Mittel, gesunde Augen zu conserviren. Büsch, Lichtenberg und Sömmering gaben dazu ein Paar Jahre nachher sehr schätzbare Zusätze.

§. 239.

Zum deutlichen Sehen ist es allerdings nöthig, daß

das Bild des gesehenen Gegenstandes genau auf die Netzhaut fällt, und daß diese den Eindruck des Bildes bis zu dem Gehirne hin pflanzt. Zum richtigen Sehen gehört aber noch mehr, nämlich die Beurtheilung der Größe und Entfernung der Gegenstände nach dem Bilde. Darauf hat besonders schon Descartes aufmerksam gemacht und dabei belehrende Beispiele von Blinden angeführt. Solche Beispiele, namentlich von Blinden, denen der Stahr gestochen wurde, sind für denselben Zweck auch später von andern aufgestellt worden.

Von jedem Gegenstande ist das auf der Netzhaut liegende Bild sehr viel kleiner, als der Gegenstand; und doch sehen wir die nahe um uns herum befindlichen Gegenstände von natürlicher Größe, z. B. die Menschen, die Häuser, die Thürme! Auch liegen die Bilder aller Gegenstände in Beziehung auf dieselben verkehrt auf der Netzhaut; und doch sehen wir Alles in ordentlicher aufrechter Stellung und Lage! Bei einigem Nachdenken konnte die Erklärung dieser Phänomene nicht schwer seyn. Kepler, Newton, de la Hire, Büffon, Jurin, dü Tour, Hartley, Porterfield u. a. haben darüber manches Richtige beigebracht. Man ist in der neuern Zeit darin mit einander übereingekommen, daß unser Urtheil über die wahre Größe eines Gegenstandes nicht vom Bilde allein bestimmt werden kann, daß wir von Kindheit an erst viele Erfahrungen und Uebung erlangt haben müssen, um daraus über die Größe eines mit den Augen wahrgenommenen Gegenstandes ein ordentliches Urtheil fällen zu können, und daß unser Sehen, in Beziehung auf Größe, Gestalt und Entfernung von Gegenständen

ein beständiges Schließen von vorhergegangenen durch das Gefühl und die Erfahrung erlangten Empfindungen und von Vergleichungen des verschiedenen Licht- und Schattenwechsels u. dgl. ist.

§. 240.

In Hinsicht derjenigen Frage, warum wir die Gegenstände nicht verkehrt sehen (§. 239.) hat sich schon Kepler folgende Vorstellungen gemacht: Wenn die Seele den Stoß des Lichtstrahls auf dem untern Theile der Netzhaut empfindet, so betrachtet sie den Strahl so, als käme er von dem obern Theile des Gegenstandes her und halte daher das für den obern Theil des Objekts, was sich auf der Netzhaut unten abbildet. Er drückt sich hierbei zugleich so aus: der wirkende Theil werde dem leitenden gerade gegenüber empfunden. Descartes suchte diese Keplersche Erklärung durch folgendes Beispiel eines Blinden zu erläutern. Wenn dieser, sagt unser großer Philosoph, ein Paar Stäbe so in beiden Händen hält, daß sie sich durchkreuzen, um damit das obere oder untere Ende eines senkrecht stehenden Gegenstandes zu befühlen, so werde er das für das obere Ende halten, was er mit dem in der untern Hand befindlichen Stabe berührt.

Noch in den neuern Zeiten wurde dieselbe Frage, selbst von manchen geschickten Männern, z. B. von Adams, für räthselhaft und schwer zu beantworten gehalten. Das ist sie aber durchaus nicht. Wir sind uns ja der verkehrten Bilder im Auge nicht bewußt, weil alle Bilder im Auge unter sich selbst dieselbe Lage haben, wie die zugehörigen Gegenstände, weil alle dasselbe räumliche Verhältniß zu einander besitzen, wie die Gegenstände unter einander. Lichtenberg sagt:

Wenn man ein Gemälde umkehre, so stehen die darauf abgebildeten Figuren nur in Beziehung auf andere außer ihm befindliche Gegenstände verkehrt, auf dem Gemälde selbst aber seyen sie noch immer aufrecht, d. h. sie kehren die Füße gegen den Boden des Gemäldes, das Haupt gegen die Decke oder den Himmel. Eine solche Bewandniß hätte es nun auch mit dem Bilde im Auge. Nur in Rücksicht auf das, was außer ihm sey, könne man es verkehrt nennen, und nur ein zweites Auge, welches Bild und Gegenstand zugleich betrachte, würde die verkehrte Lage des erstern wahrnehmen. Die Seele betrachte ja aber das Bild nicht durch ein zweites Auge mit dem Gegenstande zugleich, mithin käme eine solche Beziehung bei der Empfindung des Sehens gar nicht vor. In einer Zeichnung, welche verkehrtes Bild und aufrechten Gegenstand zugleich darstelle, stehe freilich jenes gegen diesen verkehrt; bei der Empfindung des Sehens mehrerer Gegenstände aber beziehen wir Bilder auf Bilder und alle zusammen auf das Bild der Erde oder des Erdbodens, und in dieser Beziehung stehe jede Figur auf der Netzhaut senkrecht, nämlich gegen die andern und gegen das Bild des Bodens. — Schwerlich läßt sich eine bessere faßlichere Erklärung über jene Erscheinung geben, als diese Lichtenbergische.

§. 241.

So setzte auch die Frage: warum wir mit zwei Augen nicht doppelt sehen, da doch zwei Crystalllinsen, zwei Netzhäute, folglich zwei Bilder (auf jeder Netzhaut eins) da sind, den Scharfsinn mancher Gelehrten in Thätigkeit. Gassendi glaubte, wir sähen den Gegenstand immer nur mit einem Auge, während das andere ruhete; und Newton

meinte, wir sähen jeden Gegenstand nur deswegen einfach, weil beide Sehenerven mit einander vereinigt wären. Die Beobachtungen der Anatomiker thaten aber dar, wie auch Porterfield anführt, daß die Sehenerven beider Augen sich nicht vermischen, sondern daß sie nur an einander anliegen.

Kepler machte ja schon die Bemerkung, daß die Ursache des Einfach-Sehens nicht in der Vereinigung der Nerven liegen könne, weil wir doch manchmal wirklich eine Sache doppelt sehen (z. B. wenn wir die Augen etwas verdrehen). Briggs glaubte, das Einfach-Sehen rühre von der gleich starken Spannung der übereinstimmenden Theile der Sehenerven her, weswegen sie gleichzeitige Schwingungen bekämen. Hingegen Porterfield zeigte, daß dies überhaupt unwahrscheinlich sey und auch mit den Erfahrungen nicht übereinstimme. Porterfield selbst sucht die Sache zu erklären, kommt dabei aber auch wieder in's Künstliche. Und so sind noch manche andere Erklärungen, oft sehr gesuchte und schwerfällige, zum Vorschein gekommen.

§. 242.

Die Erklärung kann aber sehr einfach seyn, wie Lichtenberg und andere neuere Naturforscher gewiesen haben. Wir haben nämlich von der frühesten Jugend an gelernt, daß, wenn zwei übereinstimmende Stellen auf den beiden Netzhäuten von den Lichtstrahlen gerührt werden, der Eindruck des Bildes auf diese Häute, folglich der Gegenstand selbst, für unsere Seele nur einfach ist. Fallen die Bilder einmal nicht auf solche übereinstimmende Stellen der Netzhaut, z. B. durch Schiefsehen, oder durch Verdrehen der Augen, oder durch einen nur dem einen Auge mitgetheilten Druck, so sehen wir

die Gegenstände auch wirklich doppelt. Es muß also wohl das Einfach-Sehen blos von der Gewohnheit abhängen, eben so wie das Einfach-Fühlen eines Gegenstandes mit zwei, drei und mehr Fingern; auch hier kann ein Doppelt-Fühlen statt finden, wenn wir die Finger auf eine ganz ungewöhnliche Art, z. B. kreuzweis, über einander schlagen. Cheselden, Smith u. a. führen wirklich Beispiele von Menschen an, deren eines Auge durch einen gewaltsamen Schlag oder Druck eine Veränderung erlitt und die dann lange Zeit hindurch doppelt sahen, so lange, bis erst Gewohnheit die bewußte Uebereinstimmung in die Bilder der Netzhaut brachte.

§. 243.

Obgleich schon Kepler den Sitz der Empfindung des Sehens aus guten Gründen auf die Netzhaut gesetzt hatte, so fing doch Mariotte an, diese so vernünftige Keplersche Behauptung zu bestreiten, und den Sitz jener Empfindung auf die hinter der Netzhaut befindliche Aderhaut zu setzen. Durch einen Versuch, den er im Jahr 1668 vor dem Könige von England anstellte, wollte er gefunden haben, daß diejenige Stelle der Netzhaut, wo der Sehenerve eintritt, gegen den Eindruck des Lichts völlig unempfindlich sey. Picard, le Cat, Mery, Michel und Daniel Bernouilli, welche ähnliche Versuche mit allerley Abänderungen machten, glaubten dem Mariotte beistimmen zu müssen, der die Aderhaut für den eigentlichen Sitz der Empfindung des Sehens erklärte.

Pacquet, de la Hire, Perrault u. a. erklärten sich bald gegen Mariotte's Meinung. Besonders aber zeigte der berühmte von Haller gründlich, daß Mariotte's Versuch gar nichts beweise; er legte es deutlich dar,

daß an der unempfindlichen Stelle (wie Mariotte sie nannte) eigentlich gar keine Netzhaut vorhanden sey, sondern nur eine weiße, cellulöse, poröse, zum Sehen untaugliche Haut, und daß man die Netzhaut durchaus als Sitz der Empfindung des Sehens annehmen müsse. Ihm stimmten Zinn, Sömmering, Meckel, Reil, Home und andere berühmte Männer bis auf den heutigen Tag bei.

§. 244.

Ueber deutliches und undeutliches Sehen haben Jurin, Lambert und Adams lehrreiche Betrachtungen angestellt. Jurin setzte, als Resultat von vielen Beobachtungen, die kleinste Weite des vollkommenen Sehens (bei gesunden Augen) auf 5 bis 7 Zoll. Die größte Weite des vollkommenen Sehens war freilich schwerer zu bestimmen, weil die Art und Größe, vornehmlich die Stärke des Lichts der betrachtenden Gegenstände so sehr verschieden ist. Indessen glaubt Jurin sie auf $14\frac{1}{2}$ Fuß setzen zu können. Porterfield nimmt, nach einer andern Methode, nur 27 Zoll dafür an. Adams setzt die gewöhnliche Weite, einen schönen und großen Druck deutlich zu lesen, höchstens auf 15 bis 16 Zoll.

Jurin bringt manches über das undeutliche Sehen bei, sowie über die Mittel, demselben abzuhelfen. Auch Robins und Whytt widmeten ihre Aufmerksamkeit diesem Gegenstande. Längst wußte man auch, daß manche Menschen und zwar diejenigen, welche (wie Gelehrte) fast immer nur nahe Gegenstände betrachten, zuletzt kurzsichtig werden; andere, welche meistens nur entfernte Gegenstände betrachten (wie Jäger, Bauern rc.) weitsichtig. In jenem Falle mußte die Crystalllinse entweder durch beständige Gewöhnung nach

und nach erhabener werden oder (durch Veränderung der Augapfel-Gestalt) sich weiter von der Netzhaut entfernen, wodurch das Bild vor die Netzhaut fallen würde; im andern Falle müßte sie nach und nach flacher werden, oder auch der Netzhaut näher rücken, wodurch das Bild hinter die Netzhaut kommen würde. Was Kepler und de la Hire darüber beibrachten, vornehmlich das anatomische bedurfte noch der Berichtigungen aus der neuesten Zeit.

§. 245.

Die Wirkung der Brillen (§. 161 f.) bei diesen Augenfehlern, daß nämlich solche mit Hohlgläsern, die für Kurzsichtige bestimmt sind, das Bild weiter zurück auf die Netzhaut, solche mit erhabenen Gläsern, die für Weitsichtige bestimmt sind, es mehr vorwärts auf die Netzhaut bringen, konnte leicht eingesehen werden. Kepler gab ja davon schon richtige Erklärungen.

In der Schönheit und Reinheit des Glases und in der Genauigkeit beim Schleifen, sowie in der Zweckmäßigkeit der Gestelle, sind die Brillen in der neuern Zeit sehr verbessert worden. Die in mehrerer Hinsicht nachtheiligen sogenannten Draht- oder Klemmbrillen (Nasenklemmer) sind seit einem viertel Jahrhundert fast ganz aus der Mode gekommen. Manche Brillenmacher der frühern Zeit bezeichneten die Brillen auf eine ganz irrige und unnütze Weise mit dem Alter der Personen, für welche sie dienen sollten. Die neuern Brillenmacher hingegen bezeichneten die Gläser zweckmäßiger mit Nummern, welche ihre Brennweite bedeuten.

Von grünen Brillen und andern sogenannten Conservirbrillen (welche die Augen verbessern sollen) hält man

jetzt nichts mehr, weil jene die Augen eher noch verderben und eine Conservirbrille überhaupt ein Unding ist, wie unter andern auch Lichtenberg bemerkte. Eine Brille ist immer eine Krücke, sagte dieser geistvolle Mann. Und wer würde wohl von Conservirkrücken reden!

Vor mehreren Jahren erfand der Engländer Wollaston die sogenannten periskopischen Brillen (§. 163.) womit man nicht blos gerade aus, sondern auch links und rechts gleich gut soll sehen können, ohne den ganzen Kopf zu drehen, während man bei den gewöhnlichen Brillen nur diejenigen Gegenstände deutlich sieht, die in die Axe der Gläser fallen. Der Franzose Cauchoix in Paris verbesserte diese Brillen, die schon vorher John und Peter Dollond vervollkommnet hatten.

§. 246.

Jeden Gegenstand sehen wir seiner Höhe nach zwischen einem Paar geraden Linien, welche man sich von seinem obersten und untersten Punkte nach dem Auge hingezogen vorstellt; und eben so sehen wir jeden Gegenstand auch seiner Breite nach (sowie überhaupt seiner Größe nach) zwischen ein Paar geraden Linien, welche man von seinen Grenzpunkten nach dem Auge gezogen sich denkt. Diese gerade Linien machen im Auge denjenigen Winkel, welcher Sehewinkel, optischer Winkel oder scheinbare Größe des Gegenstandes genannt wird.

Daß alle Gegenstände uns kleiner und kleiner erscheinen, je weiter wir von ihnen entfernt sind, daß dies von dem Kleinerwerden des Sehewinkels herrührt, und daß sie uns endlich verschwinden, wenn der Sehewinkel eine gewisse Klein=

heit erlangt hat, wußten die ältern Optiker schon. Später stellte man über den kleinsten Sehewinkel, welcher dem Auge noch empfindlich ist, manche Versuche an. Hook glaubte aus solchen Experimenten annehmen zu können, daß selbst das schärfste Gesicht keine Winkel unter einer halben Minute mehr unterscheiden könnne, und gewöhnliche Augen empfänden schon Winkel unter einer Minute nicht mehr. Deswegen erschienen zwei Sterne, welche um ½ bis 1 Minute von einander abständen, dem bloßen Auge wie ein einziger. Smith bestätigte dies. Er gab noch genauer an, daß ein runder schwarzer Flecken auf weißem Grunde oder ein weißer auf schwarzem Grunde von einem scharfen Auge nicht mehr gesehen werde, wenn der Sehewinkel weniger als 40 Sekunden betrage, folglich die Entfernung 5156mal größer, als der sichtbare Durchmesser des Fleckens sey. Auch der Marquis de Courtivron schloß aus seinen Versuchen, daß der kleinste empfindbare Sehewinkel 40 Sekunden betrage; und Smith brachte ein ähnliches Resultat zum Vorschein. Tobias Mayer aber, der viele Versuche mit großer Genauigkeit und mit Beachtung fast aller möglichen Umstände anstellte, schloß als Mittel aus seinen Versuchen, daß der kleinste Sehewinkel 34 Sekunden sey. Man konnte also wohl im Allgemeinen 30 bis 40 Sekunden annehmen. Jurin hatte schon aufmerksam darauf gemacht, daß hierbei auf die Stärke des Lichts viel ankomme. Wegen eines sehr starken Lichts sehen wir z. B. die Fixsterne noch.

§. 247.

Auf mancherlei Täuschungen beim Sehen (optische Täuschungen) waren schon alle Optiker aufmerk-

sam gemacht, namentlich auf solche Täuschungen, deren Grund eine falsche Beurtheilung der Größe, Entfernung, Gestalt und Bewegung der Gegenstände außer uns ausmacht. Gegenstände am Himmel und auf Erden täuschen uns oft in Hinsicht ihrer Ruhe oder Bewegung, in Hinsicht ihrer Entfernung, ihrer Gestalt und Größe. Dahin können wir ja schon die Erscheinungen rechnen, daß die Erde still zu stehen und das Himmelsgewölbe mit allen leuchtenden Welten daran sich um uns herumzudrehen scheint; daß alle Himmelskörper (an dem Gewölbe des Himmels) gleiche Entfernung von uns zu haben scheinen; daß das Himmelsgewölbe flach wie ein Uhrglas aussieht und sich rings herum an die Erde anzulegen scheint; daß alle Gestirne höher am Himmel hinaufzustehen scheinen, als sie wirklich sind; daß uns Sonne und Mond beim Aufgange so groß aussehen; daß wir auf der Erde, namentlich zur Dämmerungszeit, einen nahen Menschen oft für einen entfernten Thurm, oder einen entfernten Thurm für einen nahen Menschen halten; daß wir in einer gewissen Entfernung von einem Flusse in unserer Einbildung oft Gegenstände an das unrechte Ufer setzen, diesseitige an das jenseitige und jenseitige an das diesseitige; daß wir in Städten Wetterfahnen, Schornsteine oft auf das unrechte Gebäude setzen, u. dgl. mehr.

§. 248.

Die alten Philosophen, wie Pythagoras, Plato, Aristoteles, Archimedes, Hypparch u. a. glaubten, die Wölbung des Himmels sey wirklich so, wie sie uns erscheine; in ihrem Mittelpunkte stehe die Erde unbeweglich fest und die Himmelskörper beschrieben Kreise um letztere. Sie

betrachteten das Himmelsgewölbe gleichsam wie eine crystallene Höhlung, deren mehrere hinter einander sich befänden. Bei den spätern Fortschritten der Wissenschaft wurden hierin freilich die Menschen ganz anders aufgeklärt. Leicht konnte man nun auch einsehen, daß uns der unendliche Himmelsraum eigentlich als eine vollkommene hohle Halbkugel erscheinen müßte, daß er uns aber deswegen als ein flaches Gewölbe erscheint, weil wir am Horizonte mancherlei irdische Gegenstände sehen, womit wir ihn vergleichen können, höher am Himmel hinauf aber gar nichts ist, das mit den Theilen des Himmelsgewölbes verglichen werden könnte, um zu einem ähnlichen Begriff von Entfernung zu gelangen, wie bei den an dem Horizonte liegenden Theilen, und daß sich daher in unserer Einbildung die scheinbare Entfernung der höher liegenden Theile nach und nach vermindert, so wie sie, vom Horizonte an, weiter empor sich erstrecken.

§. 249.

Schon **Ptolemäus** soll in seiner verloren gegangenen Schrift über die Optik eine sehr vernünftige Erklärung über die scheinbare Vergrößerung des Mondes und der Sonne nahe am Horizonte, besonders beim Aufgange, gegeben haben. Die Seele, sagte er, urtheilt von der Größe der Gegenstände nach einer vorgefaßten Schätzung der Entfernung; sind viele andere Gegenstände zwischen dem zu schätzenden, so kann man diesen leicht nach jenem taxiren und ihn für größer halten, als es sonst geschehen wäre. Die Gegenstände am Horizonte, Berge, Bäume u. dgl. sind Maaßstäbe, wonach man die Größe des eben aufgegangenen Himmelskörpers schätzt, und weswegen dieser so groß erscheint; ist er eine Strecke von dem Horizonte

entfernt, so sind auch jene Maaßstäbe nicht mehr da, und dann kommt uns auch der Himmelskörper nicht mehr so groß vor. — In dem Almagest des Ptolemäus ist die Erklärung desselben Phänomens freilich anders; da wird nämlich die Vergrößerung der Sonne und des Mondes nahe am Horizonte der Brechung der Strahlen durch die Dünste zugeschrieben. Fast sollte man daher zweifeln, daß jene bessere Erklärung je von Ptolemäus gemacht worden sey.

§. 250.

Alhazen zeigte, daß die Strahlenbrechung keine Vergrößerung der Himmelskörper nahe am Horizonte hervorbringen könne, im Gegentheil eine Verkleinerung. Er glaubte vielmehr, Sonne und Mond sähen blos deswegen nahe am Horizonte größer aus, weil wir sie dann für weiter hielten, als wenn sie dem Zenith näher wären. Hobbes und Gassendi stimmten dem Araber bei; Gouye und Molineux hingegen waren wieder anderer Meinung. Desaguliers war wieder des Alhazens Meinung zugethan, während Berkley abermals zu der Brechung in Dünsten seine Zuflucht nahm. Euler that einen ähnlichen Fehlschluß. Smith gab später wieder eine richtige Erklärung. — So verdrängte oft eine Meinung die andere, bis zuletzt die richtige um desto fester stand.

Etwas anders war freilich diejenige Erscheinung, wo man die Höhen der Gestirne vergrößert oder ihre Gestalt am am Horizonte verändert erblickte. Da spielte freilich, wie auch schon Vitellio, Walther, Tycho de Brache und andere berühmte Männer darthaten, die Strahlenbrechung die Hauptrolle. Solche von der Strahlenbrechung, oft auch in

Verbindung mit der Strahlenreflection, herrührende optische Erscheinungen giebt es in der Luft und auf der Erden noch manche.

§. 251.

Der Eindruck, den das Licht im Auge hervorbringt, ist immer von einiger Dauer und zwar von einer desto größern, je stärker jener Eindruck oder auch je schwächer das Auge ist. Sieht man nach einem recht hellen Körper und verschließt dann das Auge, so sieht man doch noch eine kurze Zeit den Körper, obgleich mit schwachem Lichte. Sieht man in die Sonne, so hat man noch eine Zeit lang das Bild der Sonne im verschlossenen Auge. Bei schwachen Augen bleibt es oft noch ziemlich lange darin, bis es nach und nach verschwindet. Schwingt man eine glühende Kohle oder einen andern hellen Körper schnell im Kreise herum, so erscheint der Körper als ein ganzer leuchtender oder heller Kreis, obgleich er bei seiner Bewegung alle Augenblicke seinen Ort verändert. Nach Segners Versuchen dauert ein solcher Licht-Eindruck bei gesunden Augen eine halbe Sekunde Zeit.

Auch allerlei zufällige Farben sieht man dann gewöhnlich vor den geschlossenen Augen, nämlich diejenigen, welche Göthe die physiologischen Farben nennt. Göthe sowohl, als auch früher de la Hire, Aepinus, Büffon, Franklin, Beguelin, Darvin und andere stellten über solche Farben mancherlei Versuche an.

§. 252.

Sehr merkwürdig fand man die ums Jahr 1630 gemachte Entdeckung, daß es Körper gäbe, die Licht, welchem man sie eine Zeit lang ausgesetzt hatte, gleichsam einschluckten, und

dann mit diesem Lichte noch eine Zeit lang im Dunkeln fortleuchteten. Solche Körper nannte man Lichtsauger, Lichtträger, Lichtmagnete oder Phosphoren (letzteres Wort im weitern Sinne, wie gewöhnlich genommen). Vincenzo Cascariolo, ein Schuhmacher in Bologna, fand nämlich zu jener Zeit am Fuße des benachbarten Berges Paterno einen Stein, welcher mit eigenem Glanze im Dunkeln leuchtete, besonders aber, wenn er vorher zu Pulver gestoßen, mit Wasser, Eyweiß oder Leinöhl durchknetet und calcinirt worden war. Man nannte diesen Stein bononischen Stein. Bei genauer Untersuchung, welche bald nachher Liceti, Kircher, Marsigli, Galati, Beccari, Zanotti u. a. mit ihm anstellten, fand man, daß er 4 bis 30 Minuten lang sowohl vom Sonnenlicht, als auch vom Kerzenlicht, aber nicht vom Mondenlicht leuchtend wurde.

Kurz vor dem Jahr 1675 entdeckte Balduin zu Großenhayn in Sachsen, daß der Rückstand beim Destilliren einer Kreide-Auflösung in Scheidewasser das Licht einsaugte und im Dunkeln leuchtete, wenn auch nicht so hell als der bononische Stein. Man nannte ihn balduinschen Phosphor. Wieder einige Jahre später entdeckte man noch mehrere Körper, welche dieselbe Eigenschaft besaßen, wie z. B. die Verbindung der Kalkerde mit der Salzsäure (von dem Entdecker Hombergischer Phosphor genannt), durchglühte Austerschaalen, Gyps, Kalkstein, Marmor, die kalkartigen Versteinerungen rc. Dü Fay und Beccaria wurden fast zu gleicher Zeit das Leuchten des Diamants, des Topas und mancher anderer Edelsteine, auch des Flußspathes gewahr.

Daß der bononische Stein ein Schwerspath sey, zeigte

Marggraf um Jahr 1749 zuerst. Schon Leibnitz hatte früher bemerkt, daß gepulverter und erhitzter Schwerspath im Dunkeln leuchtete.

§. 253.

Eine besondere leuchtende Substanz, Cantonscher Phosphor genannt, hatte der Engländer Canton aus durchglühten gepulverten Austerschaalen und Schwefelblumen bereitet. Den Urin-Phosphor aber, den man in den neuern Zeiten auch aus Knochen bereitete, entdeckte Brandt in Hamburg ums Jahr 1669. Mit diesem Phosphor, der beständig im Dunkeln leuchtet, der beständig raucht oder dampft und dessen Dämpfe, Auflösungen in Oehlen rc. gleichfalls leuchten, und der sich schon bei einer mäßigen Wärme, z. B. durch Reiben, gleichsam von selbst entzündet, ist bis auf den heutigen Tag zu vielen merkwürdigen Licht- (und Entzündungs-) Versuchen in der Physik, Chemie und Technologie angewendet worden.

Dem Leuchten mancher anderer Körper, die von Natur phosphorische Theile (phosphorische Flüssigkeiten, phosphorische Luftarten rc.) in sich enthalten, ist von jeher eine große Aufmerksamkeit gewidmet worden, wenn man sich auch in früherer Zeit die Ursache des Leuchtens nicht erklären konnte. Zu solchen Körpern gehören die Johanniswürmchen und manche andere Insekten, die Pholaden und einige andere Muschelarten, die im Meere herumschwimmenden Nereiden, Medusen und Seefedern, faule Fische und anderes in Fäulniß übergehendes Fleisch, faules Holz rc. Boyle, Beal, Martin, Canton, du Fay und in der neuesten Zeit Spallanzani, Corradori, Hulme, Heinrich, Dessaig-

nes und von Humbold haben über diese leuchtenden Körper manche lehrreiche Untersuchungen angestellt.

§. 254.

Die alten Optiker wußten es nicht blos schon, daß die von einem leuchtenden Körper ausfahrenden Strahlen divergirend sind, sondern auch, daß eben deswegen die Stärke des Lichts wie das Quadrat der Entfernung abnimmt. Nach dieser Entfernung einer beleuchteten Fläche von dem leuchtenden Körper richtet sich nun zum Theil der Grad oder die Stärke der Beleuchtung selbst. Sie beruht aber auch mit auf der Lage der Fläche in Hinsicht der Richtung der darauf fallenden Strahlen und nach der Menge des von dem leuchtenden Körper ausstrahlenden Lichts selbst. Erst zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts machte man Versuche, die Stärke des Lichtts auszumessen und darauf gründete man einen eignen Zweig der Optik, welcher Photometrie genannt wurde. Die Apparate zur Ausmessung der Lichtstärke erhielten den Namen Photometer, Lichtmesser oder Lichtstärkemesser.

Schon Huyghens soll den Versuch gemacht haben, das Sonnenlicht mit dem Fixsternenlicht (namentlich dem Licht des Sirius) zu vergleichen. Der Pater Franciscus Maria in Paris, welcher glaubte, das durch mehrere Gläser dringende Licht nähme in arithmetischer Progression ab, suchte ums Jahr 1700 die Stärke des Lichts durch die Anzahl der Gläser, wovon das letzte es ganz unmerklich machte, zu bestimmen. Der Schwede Celsius aber that nachher den Vorschlag, die Stärke des Lichts dadurch anzugeben, daß man durch Hülfe der Erleuchtung, welche nöthig wäre, Objekte in

verschiedenen Entfernungen deutlich zu sehen, auf die Stärke des Lichts Schlüsse machte. Alle diese Vorschläge hatten aber noch zu viel Unbestimmtes, als daß sie zur Messung der Lichtstärke brauchbar gewesen wären.

§. 255.

Viel mehr leistete hierin vom Jahr 1729 an der Franzose Bouguer, welcher hierzu durch eine ähnliche Untersuchung seines Landmanns Mairan vom Jahr 1721 veranlaßt worden war. Zwei inwendig ganz schwarz gemachte unter einem spitzigen Winkel mit ihrem einen Ende an einander gehaltene, an ihrem andern Ende mit Glaslinsen von gleichen Brennweiten verschlossene Röhren waren, jede für sich, so eingerichtet, daß man sie in einer besondern Röhre ein- und ausschieben, folglich dadurch verlängern oder verkürzen konnte. Jene an einander gehaltenen Enden waren bei jeder mit einem Deckel verschlossen und dieser Deckel enthielt ein 3 bis 4 Linien weites Loch, welches mit einem Stück weißem Papier (oder einem matt geschliffenen Glase) bedeckt war. Jede Röhre konnte gegen irgend ein leuchtendes Object gehalten werden, wovon man das deutliche Bild auf das weiße Papier fallen ließ. Nun konnte man durch Bedeckung eines Theiles der Deckel-Oeffnung der einen Röhre es dahin bringen, daß beide Bilder gleich hell erschienen. Aus der Entfernung des Bildes von jedem Glase, aus der Breite beider Gläser, aus der Helligkeit ꝛc. konnte man die Stärke des Lichtes herleiten. — In der Folge, und zwar bis zum Jahr 1758 hat Bouguer noch manche Verbesserungen mit diesem Apparat vorgenommen.

§. 256.

Mit noch glücklicherm Erfolge hatte bald nach der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts (im Jahr 1760) Lambert diesen Zweig der Optik bearbeitet. Das schöne Werk, welches wir ihm verdanken, zeichnete sich besonders durch Gründlichkeit, Vollständigkeit und tiefe mathematische Berechnungen aus. Karsten hat mehrere Jahre nachher manche photometrische Lehren noch mehr erläutert.

Was die Photometer betraf, so vervollkommnete Graf Rumford (früher Benjamin Thomson genannt) dieselben sehr bedeutend. Schon vor ihm hatte man folgende einfache Methode zur Bestimmung der Lichtstärke angewendet. Man stellte zwei leuchtende Körper, z. B. zwei brennende Kerzen in einiger Entfernung von einander und zwischen sie und eine weiße Fläche, z. B. die weiße Wand, irgend einen kleinen undurchsichtigen Körper, etwa ein Bretchen. Man stellte aber die Mitte der Lichter und des undurchsichtigen Körpers nicht genau in eine und dieselbe gerade Linie. Von dem undurchsichtigen Körper wurden dann zwei Kernschatten an die Wand geworfen, wovon derjenige, welcher der bei jenem Körper zunächst befindlichen Flamme gehörte, von der andern Flamme beleuchtet wurde; und umgekehrt. Waren nun diese Schatten ungleichförmig beleuchtet, so entfernte man die eine Flamme oder näherte die andere so lange, bis sie gleiche Beleuchtung hervorbrachten. Alsdann maß man die Entfernungen der Flammen von der Wand. Endlich schloß man so: wie sich die Quadrate der gefundenen Entfernungen verhalten, so verhalten sich auch die Lichtstärken der Flammen.

Rumford nahm ein hölzernes Gehäuse, das inwendig überall angestrichen war, die hintere Wand ausgenommen. An dieser hintern Wand befand sich in einer Falze eine geschliffene Glasscheibe, worauf weißes Papier geklebt war, und vor dieser weißen Fläche stand ein verschiebbarer Schirm mit einem kreisförmigen Loche. Durch zwei Röhren konnte man nach dieser Fläche hinsehen; vor dem Felde aber standen ein Paar senkrechte Cylinder parallel mit jener Fläche. Diese Cylinder, von den zu den Versuchen bestimmten Lichtern beschienen, warfen zwei Schatten auf jene weiße Fläche. Da kam es denn, zur Bestimmung der Lichtstärke der verschiedenen leuchtenden Körper, auf Beurtheilung der verschiedenen Dichtigkeit der Schatten an.

§. 257.

Das Photometer des Lampadius in Freiberg zeichnete sich durch Einfachheit aus. Es bestand aus einer Röhre, worin dünne Scheibchen aus einem durchscheinenden Körper, z. B. aus Horn, aus Beinglas ꝛc. gelegt wurden, um dadurch das Licht in einer bestimmten Entfernung zu beobachten, etwa in einer Entfernung von 2 bis 4 Fuß. Man legte so viele Scheibchen ein, bis das zu prüfende Licht ganz unsichtbar wurde. Nach der Menge der erforderlichen Scheibchen wurde dann die Stärke des Lichts beurtheilt.

Das Photometer des Leslie bestand aus zwei correspondirenden Thermometern, wovon die Kugel des einen geschwärzt war. Beide Thermometer standen im Dunkeln gleich hoch; im Lichte aber stand das Thermometer mit geschwärzter Kugel höher als das andere, und zwar, wie Leslie glaubte, um so viel höher, je größer die Stärke des darauf fallen=

den Lichts war. — So wurde also auch dieser Theil der Optik zu einer immer größern Vollkommenheit gebracht. Langsdorf schrieb im Jahr 1803 ein wichtiges Werk über die Photometrie. Späth hatte schon im Jahr 1789 wichtige Untersuchungen über diese Lehre angestellt.

§. 258.

Die Perspectiv (§. 142.), gewissermaßen zur Geometrie gehörig, aber auf optische Grundsätze gestützt, verdankt ihre Entstehung der Malerei und der Baukunst, vornehmlich den Auszierungen von Schaubühnen. Die Alten haben freilich schon perspectivische Zeichnungen zu ihren Theatern gemacht. So war Agatharchus, wie aus Vitruvs Baukunst erhellt, ein geschickter Perspectiv-Maler; aber eigentliche Kenntnisse in der Optik hatte er noch nicht, wenn er auch einige geometrische Kenntnisse besaß, die er bei Ausübung seiner Kunst anzuwenden wußte.

Dem Ptolemäus verdankt man eine stereographische Entwerfung einer Kugelfläche mit ihren Kreisen auf einer Ebene, oder die Darstellung einer Planisphäre. Diese kann man in der That schon als eine wahre perspectivische Vorstellung ansehen. Der Einwurf war nach einem Auge eingerichtet, das in dem Pole des Kreises sich befand, dessen Ebene die Tafel ist, welche die Zeichnung enthalten sollte. Die Perspectiv, so weit sie damals gegründet war, fiel nun auch, wie die übrigen Wissenschaften und Künste, in einen tiefen Schlaf.

§. 259.

Als das Licht der Wissenschaften wieder zu leuchten anfing und auch die Malerkunst aus ihrem Schlafe erwachte,

da stieg auch die Perspectiv zu einem neuen Leben empor. Pietro della Francesca dal Borgo St. Sepolcro war, nach des Ignatio Dante Bericht, im sechszehnten Jahrhundert der erste, welcher in drei Büchern etwas Brauchbares über die Perspectiv schrieb. Seine Schrift wurde aber nicht gedruckt, sondern nur von Daniel Barbaro, Patriarch zu Aquileja, zur Ausarbeitung von dessen Perspectiv benutzt. Was im dreizehnten Jahrhundert Baco darüber geschrieben und Combach 1614 herausgegeben hatte, trug noch viele Spuren von Unvollkommenheiten an sich. Dies Alles konnte freilich die Wissenschaften noch nicht recht weit bringen.

Die wahre Verfeinerung der Perspectiv verdanken wir wohl zuerst dem berühmten, 1520 gestorbenen Maler Lionardo da Vinci. Dieser hatte ein Werk über die Malerei geschrieben, welches lange nach seinem Tode herauskam. Indem er sich in demselben auf einen (nie gedruckt erschienenen) Tractat über die Perspectiv bezog, so machte er unter andern die Bemerkung, daß, wenn von zwei gleich großen Gegenständen der eine von dem andern so weit entfernt ist, wie dieser wieder von dem Auge, jener um die Hälfte kleiner als der erste vorgestellt werden müsse. Wäre ein dritter gleich weit von dem zweiten entfernt, so müsse er um zwei Drittel kleiner gemacht werden u. s. w.

§. 260.

Albrecht Dürer, der im Jahr 1525 (in seiner Messung mit dem Zirkel und Richtscheit) auch Vorschriften zu perspectivischen Zeichnungen, besonders zur Entwerfung des Schattens gab, lehrte unter andern ein mechanisches, aber

beschwerliches Verfahren, von einem wirklichen Gegenstande eine perspectivische Zeichnung zu entwerfen. Er schlug dazu eine eigne Maschine vor. Lionardo da Vinci hatte schon gläserne Tafeln gebraucht. Dürer nahm statt derselben einen durch Fäden in kleine Vierecke getheilten Rahmen.

Besonders geschätzt wurde vom Jahr 1582 an das Buch des 1573 gestorbenen Vignola über die Perspectiv, welches Ignatio Dante im Jahr 1611 commentirte. Vignola bediente sich des Augen=Ortes selbst und eines Grundpunktes auf der Grundebene. Die gerade Linie von jenem Punkte nach einem Punkte des Gegenstandes bestimmte auf der Tafel die perspectivische Höhe; diejenige, von dem andern nach dem Grundpunkte des abzubildenden Punktes, bestimmte den perspectivischen Abstand des Auges von der Ebene. Die eine Projection nahm er in der Vertikalebene durch das Auge, die andere in der Grundebene durch dessen Grundpunkt vor. Auf jedem Fall war diese Methode sehr einfach. Er gab aber auch noch eine andere an.

§. 261.

Nach Albrecht Dürer betraf die mit der Perspectiv vorgenommene Vervollkommnung größten Theils die Abkürzung der Arbeit, die Erfindung mancher dazu dienender Instrumente, deutliche Regeln und allgemeine Gesetze für die Entwürfe. Die vielen perspectivischen Schriften aus damaliger Zeit, z. B. des Serlio vom Jahr 1537, des Hirschvogel vom Jahr 1543, des Rivius vom Jahr 1547, des du Cerveau vom Jahr 1559, des Cousin vom Jahr 1560, des Lautensack vom Jahr 1564, des Lencker vom Jahr 1567, des Jamitzer vom Jahr 1568, des Clavius

vom 1593 und anderer (welche Scheibel in seiner mathematischen Bücher-Kenntniß angiebt) bezeugen dies. Daß Deutsche sich besonders in der Perspectiv auszeichneten, bezeugen selbst die Franzosen. Die Erfindung des Distanzpunktes und seines Gebrauchs bei Eintheilung der in den Augenpunkt laufenden Linien wird dem Balthasar Peruzzi zugeschrieben.

Guido Ubaldi, mit dem Zunamen e **Marchionibus Montis**, ging in der Perspectiv noch weiter. Er erwieß im Jahr 1600, daß bei der perspectivischen Zeichnung alle mit der Grundebene parallele Linien in einem Punkte der Horizontallinie zusammen kommen. War sein Verfahren auch etwas weitläuftig, so war es doch gründlich. Der Jesuit Franciscus Aguilonius erweiterte die Perspectiv ums Jahr 1613 in Hinsicht der Parallellinien, die man in einer gegen die Tafel geneigten Ebene zieht. Lencker hatte sich schon im Jahr 1571 bemüht, alle zur Zeichnung selbst nicht gehörige Linien hinwegzulassen. Seine Hülfsmittel bei perspectivischen Entwürfen waren Zirkel, Winkelhaken und Faden. Abgekürzt wurde die Arbeit hierdurch freilich nicht.

§. 262.

Ignatio Dante selbst (§. 260.) bereicherte die perspectivischen Regeln anderer mit seiner eignen. Im Jahr 1620 hatte Perret, 1604 Friesen, 1610 Faulhaber, 1612 Salomon de Cous, 1614 Marolois, 1615 Brunnen, 1623 Alberti, 1630 Bramer, 1631 Scheiner, 1638 Niceron, 1642 de Breuil, 1647 Bosse, 1648 Dessargues, 1669 Wren, 1679 Huvret, 1687 Fuelbisch, 1693 Puteus, 1701 Lamy, 1707 Tacquet,

1711 s'Gravesande, 1719 Schübler ꝛc. viel für die Perspectiv gethan. Kästner suchte im Jahr 1752 die Algebra auf die Perspectiv anzuwenden, sowie später de la Caille die Trigonometrie und Analysis mit ihr zu verbinden trachtete. Taylor handelte ums Jahr 1755 die Theorie der Perspectiv sehr allgemein ab; er nahm dabei die Tafel gleich anfangs als schiefliegend an. Meister beschrieb im Jahr 1753 ein aus verschiedenen verschiebbaren Linealen zusammengesetztes Instrument, wodurch mittelst des daneben gelegten Grundrisses und Aufrisses eine perspectivische Zeichnung gebildet werden konnte. Der von Scheiner erfundene Pantograph konnte freilich zu demselben Zwecke dienen. Lambert hatte dazu im Jahr 1768 den Proportional-Zirkel vorgeschlagen, und Peacock 1785 eben dazu drei neue Instrumente erfunden.

§. 263.

Im Jahr 1759 zeichnete sich Lambert durch seine freie Perspectiv als ein scharfsinniger Schriftsteller in dieser Wissenschaft aus. Lambert gab eine Methode zu perspectivischen Zeichnungen an, welche sich unter andern auf eine Eintheilung der Horizontallinie in Grade gründete, und zwar nach den Winkeln, den die zu entwerfenden horizontalen Linien mit der Tafel machen. Er mußte freilich selbst zugestehen, daß die Erfindung dieser Methode eigentlich dem de la Caille gebührt. Ums Jahr 1774 gab Lambert auch eine eigne Luftperspectiv heraus, nachdem er zwei Jahre früher zur Entwerfung der Land- und Himmelscharten, nach perspectivischen Regeln, eine eigne Anleitung gegeben hatte.

Karstens Perspectiv vom Jahr 1775 war gründlich

und ausführlich abgefaßt. Auch von Zanoti's Perspectiv, die 1766 erschien, konnte man fast dasselbe rühmen. Von Segners Perspectiv, die im Jahr 1779 nach des Verfassers Tode erschien, war ganz theoretisch, nach geometrischer Methode. Die Perspectiv des Clarke vom Jahr 1776, sowie diejenige des Werner vom Jahr 1781 waren ganz praktisch. Mönnich lieferte im Jahr 1794, Bürja 1795, Rödel 1795, Horstig 1797, Breysig 1798, Hindenburg 1799, Gruber und Ladomus 1804, Eytelwein 1809 einen guten brauchbaren Unterricht in dieser Wissenschaft.

§. 264.

Was den schriftlichen Unterricht über die eigentlichen optischen Wissenschaften betrifft, so sind darüber allerdings manche schätzbare Werke an's Licht getreten. Johann Pena und Conrad Dasypodius gaben im Jahr 1557, jeder für sich, die Optik des Euclides heraus. Dieselbe Optik des Euclides wurde im Jahr 1703 auch von dem Schottländer Gregory dem Publikum übergeben. Nutzbarer war freilich die im Jahr 1535 von Peter Apian besorgte Herausgabe der optischen Bücher des Vitellio und der im Jahr 1572 von Friedrich Risner zur Welt geförderte optische Thesaurus, welcher Alhazens und Vitellio's Werke zugleich enthielt. Maurolycus Optik vom Jahr 1575, sowie die Dioptrik des Kepler vom Jahr 1611 hatten freilich, vornehmlich die letztere, viel mehr wissenschaftlichen Werth. Die optischen Werke des Gregory vom Jahr 1633; des Mydorge vom Jahr 1641; des Kircher vom Jahr 1641, 1646 und 1671; die Dioptrik des Descartes vom Jahr

1656; die Optik, Katoptrik und Dioptrik des Barrow vom Jahr 1674 und des David vom Jahr 1695 erweiterten und berichtigten manche der früheren Lehren.

Einen viel größern Schritt thaten die optischen Wissenschaften, vornehmlich die Katoptrik und Dioptrik, durch Newtons Werke vom Jahr 1704 und 1729, nachdem Huyghens ihnen durch seine 1703 erschienene Dioptrik vorgearbeitet hatte. Bouguers Optik vom Jahr 1729 trat den Newtonschen Werken rühmlich zur Seite. Besonders vollständig und lehrreich war Smiths Optik vom Jahr 1738, die Kästner im Jahr 1755 in's Deutsche übersetzte und hin und wieder commentirte. Die Optik des de la Caille vom Jahr 1756 war des Rühmens werth; auch diejenige des Scheffer vom Jahr 1757 hatte viel Gutes. Aber Boscowichs Optik vom Jahr 1768 und 1785, besonders Eulers Dioptrik vom Jahr 1769 waren ihnen doch sehr merklich überlegen. Pristley erwarb sich durch seine (freilich nicht geordnete) Geschichte der Optik, die Klügel im Jahr 1776 in's Deutsche übersetzte, viele Verdienste, sowie Bischofs Dioptrik vom Jahr 1772, Harris Optik vom Jahr 1775, Klügels analytische Dioptrik vom Jahr 1778 der Litteratur der mathematischen Wissenschaften zur Zierde gereichten. Bürja bearbeitete die optischen Wissenschaften im Jahr 1793, und ich selbst suchte im Jahr 1823 in meiner Lehre vom Sehen Alles aufzuführen, was in den optischen Wissenschaften das Wichtigste seyn möchte.

Dritter Abschnitt.

Die astronomischen Wissenschaften.

§. 265.

Der Ursprung der Astronomie oder Sternkunde fällt in die allerältesten Zeiten. Hirten und andere Menschen, die im Freien zu leben gezwungen waren, hatten Zeit und Muße genug, den gestirnten Himmel zu beobachten; sie sahen, wie die Sterne, wenn sie aufgegangen waren, immer höher vom östlichen Horizonte an emporstiegen, wie sie in Westen wieder untergingen, wie manche derselben (die Sternbilder, Constellationen oder Fixstern-Gruppen) ihre Stellung gegen einander und die Gestalt, welche sie gemeinschaftlich bildeten, nie veränderten, und wie dagegen einige wenige andere (die Planeten) ihre Stellung gegen so viele andere nach und nach veränderten; sie beobachteten die Zeit ihres Auf- und Untergangs in den verschiedenen Jahrszeiten, und gebrauchten sie als Zeitmesser für die Geschäfte des Tages; sie bemerkten es, wie Sonne, Mond und einige der größten Sterne (Planeten) bisweilen ganz oder zum Theil verfinstert wurden; sie sahen, wie die Sonne im Sommer, des Tages über, einen größern Bogen am Himmel beschrieb und sich länger über dem Horizonte verweilte, als im Winter; sie dachten über die Ursache nach, warum nur des Nachts Sterne am Himmel erblickt würden, wo sie wohl am Tag blieben, wo die Sonne des Nachts bliebe ꝛc.; sie beobachteten die Zunahme und Abnahme der Tageslänge in den verschiedenen Jahrszeiten; sie achteten auf die Bewegung des Mondes,

auf seinen Lichtwechsel u. dgl. mehr. Da studirten sie denn freilich schon Astronomie für sich, aber eine ganz natürliche Astronomie. Einer und der andere der ersten Menschen mag wohl über die Ursache dieser Erscheinungen weiter nachgedacht haben, um den Grund zu erforschen, worauf sie beruhen.

§. 266.

Daß die Sonne des Morgens gen Osten aufging, den Tag über am Himmel stand, des Abends gen Westen wieder unterging, bis den andern Morgen unter dem Horizonte blieb, dann wieder über dem Gesichtskreise emporstieg, und ihren ganzen (scheinbaren) Lauf um die Erde in einem Tage vollendete, war freilich wohl die erste und einfachste Beobachtung, welche man nur machen konnte. Daß die Sonne von einer gewissen Zeit bis zu einer gewissen Zeit (in den meisten bewohnten Ländern von Halbjahr zu Halbjahr) immer später und später unterging und des Tages über einen immer größern oder höhern Bogen am Himmel beschrieb, und daß sie dann auf einmal (nach Vollendung eines halben Jahres) allmälig wieder später und später aufging, früher unterging und wieder einen kleinern Bogen am Himmel beschrieb, bis sie dieselbe Erscheinung (nach Endigung eines Jahres) wieder von vorn anfing; das mußte wohl bald auf den Gedanken bringen, die Sonne habe außer ihrer täglichen (scheinbaren, blos durch die Axen-Umdrehung der Erde veranlaßten) Bewegung noch eine besondere jährliche.

Wenn der Mond schien, so sah man ihn gleichfalls täglich eine (scheinbare, aus der Axen-Umdrehung der Erde entstehende) Bewegung um die Erde machen; man sah aber auch,

daß er zu einerley Zeit des Abends nicht immer bei demselben Sterne stand, sondern weiter gegen Morgen vorgerückt war, daß dabei zugleich sein Licht sich veränderte, daß er bald nur sichelförmig, bald erstes Viertel, bald Vollmond, dann wieder letztes Viertel, wieder sichelförmig rc. ward, daß vor dem Vollmonde seine Spitzen oder Hörner gegen Morgen, nach dem Vollmonde gegen Abend gekehrt waren. Und daraus schloß man richtig auf eine monatliche Bewegung des Mondes um die Erde und auf sein von der Sonne entlehntes Licht. — Solche astronomische Kenntnisse gehörten ohnstreitig unter die ältesten, welche die Menschen besitzen mochten.

§. 267.

Die ältesten Chineser, Chaldäer, Aegyptier, Indianer, Phönizier, Griechen und andere Völker des grauesten Alterthums hatten solche astronomische Kenntnisse (§. 265 f.) aus ihren Himmels-Beobachtungen geschöpft. Wie weit ihre Kenntnisse sonst noch gingen, wissen wir nicht; daß sie nur Stückwerk und nicht zu einer systematischen Wissenschaft gebildet waren, kann man leicht denken. Die fünf Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter, Saturn lernten sie übrigens bald kennen. Aber erst später verbanden sie damit richtigere Einsichten über ihre Bewegung, Natur rc.

Die Chineser, deren Klima zu astronomischen Beobachtungen sehr günstig war, sollen schon unter dem Kaiser Yao, 2300 Jahre vor Christi Geburt, die Bewegungen der Himmelskörper gekannt haben. Man spricht von einer Sonnenfinsterniß, die sie über 2000 Jahre vor Christi Geburt beobachteten, von ihrer Beobachtung der Solstitien ohngefähr 1100 Jahre vor der christlichen Zeitrechnung; u. dgl. Aber

das Alles ist ungewiß, und ohnedies kann man über den damaligen Zustand der Sternkunde nicht viel daraus abnehmen. Sehr wahrscheinlich ist die Astronomie der Chineser nicht früher, als 700 Jahre vor Christi Geburt entstanden.

§. 268.

Ohngefähr von derselben Zeit oder doch nicht viel früher kann man mit einiger Zuverlässigkeit den Ursprung der Astronomie der Chaldäer herschreiben. Was man (wie z. B. Geminus und Simplicius) von ihren frühern astronomischen Kenntnissen erzählt, ist sehr unsicher. Ptolemäus lieferte in seinem Almagest Berechnungen von drei Mondsfinsternissen, welche die Chaldäer in den Jahren 27 und 28 der Aera des Nabonassars (des ersten Königs in Babylon zur Zeit des zweiten assyrischen Reichs) beobachtet hatten. Außerdem führte Ptolemäus noch vier andere Beobachtungen an, von denen die letzte in das Jahr 367 der Nabonassarischen Aera oder in das Jahr 380 vor Christi Geburt fällt.

Die Chaldäer scheinen die ersten Völker zu seyn, welche die wahre Ursache der Finsternisse, die sonst nur Schrecken erregt hatten, zu entdecken suchten. Bei der Sonnenfinsterniß mußte ihnen dies natürlich zuerst gelingen; sie mußten bald finden, daß diese Finsterniß von dem vorbei ziehenden Monde herrühre. Der Grund der Mondfinsterniß, daß diese nämlich von dem in die Mondscheibe eintretenden Erdschatten herrühre, konnte weniger leicht aufgefunden werden.

Die Perser bestimmten schon 516 Jahre vor Christi Geburt die Zeit nach Sonnen-Umläufen; auch hatten sie schon eine einfache Art von Kalender.

§. 269.

Die Aegyptier hatten frühzeitig gute astronomische Kenntnisse. Wahrscheinlich machten sie schon 1600 oder 1700 Jahre vor der christlichen Zeitrechnung manche interessante Beobachtungen. Die große Genauigkeit, womit sie ihre berühmten Pyramiden nach den vier Hauptgegenden des Himmels zu richten wußten, zeigt, daß sie schon eine richtige Kenntniß von der Mittagslinie hatten. Herodot, Diodor, Strabo und andere alte Schriftsteller bezeugen es, daß die Aegyptier zuerst die Eintheilung des Jahres in zwölf Monate von dreißig Tagen eingeführt haben. Sie fügten auch, um das Jahr voll zu machen, fünf Ergänzungstage und am Ende einer Periode von vier Jahren noch einen Ergänzungstag hinzu. Selbst die Eintheilung der Monate in Wochen führten sie ein. Lange vor den Zeiten Alexanders des Großen hatten sie, wie Diogenes Laertius erzählt, 363 Sonnenfinsternisse und 833 Mondfinsternisse beobachtet; und nach Macrobius bewiesen sie schon, daß Merkur und Venus sich in eignen Kreisen um die Sonne bewegten.

§. 270.

Wenn auch in den Geschichtsbüchern der alten Hebräer, z. B. des Josephus, die jüdischen Patriarchen als Erfinder der Astronomie angegeben werden, so kann dies doch weiter nichts, als Eitelkeit und Ruhmsucht verrathen. Einige Kenntnisse von der Sternkunde hatten die Juden wohl; aber keine sehr bemerkbare, weil sie sonst wohl bei manchen Gelegenheiten nützlichen Gebrauch davon gemacht und in mancher Hinsicht nicht so lange in einer gewissen Finsterniß gelebt hätten.

Erst als die Juden unter Nebukadnezar nach Babylon in die Gefangenschaft geführt und mit unterrichtetern Völkern in Verbindung kamen, da erst erhielten sie einigen Geschmack für Wissenschaften, namentlich für Astronomie, Optik und Geometrie. Vornehmlich beschäftigten sich einige Rabbinen damit. Bei der spätern Zerstreuung der Hebräer nach der Zerstörung Jerusalems nahmen sie die Gebräuche, Beschäftigungen, Künste rc. derjenigen Völker an, unter welchen sie leben mußten. Da kam es denn, daß z. B. in Griechenland auch jüdische Mathematiker angetroffen wurden.

§. 271.

Die alten Indier hatten in der Astronomie gleichfalls schon Kenntnisse; aber wie viel sie davon besaßen, wissen wir nicht. Als Pythagoras Indien durchreiste, verbreitete dieser treffliche Mann mancherley Kenntnisse in jenem Lande. Nach einem indischen Manuscripte, welches der französische Gesandte de la Loubere im Jahr 1687 aus Siam nach Frankreich brachte, und welches von dem berühmten Cassini studirt wurde, gab es in Indien eine in das Jahr 544 vor Christi Geburt fallende bürgerliche und eine in das Jahr 633 nach Christi Geburt fallende astronomische Epoche; und um die Zeit der ersten Epoche kannten die Indier den Unterschied des tropischen Sonnenjahres und des anomalistischen Jahres, die Gleichung des Mittelpunkts der Sonnenbahn, die beiden Hauptgleichungen des Mondes und den Cyclus von neunzehn Sonnenjahren, welcher 235 Mond-Umläufe in sich faßt. Indessen vermuthen manche gediegene Gelehrte, daß Cassini, in seinen Entdeckungseifer vertieft, wohl manches in dem Manuscripte nach seinem Wunsche gemodelt und an-

ders ausgelegt haben möge, als der Sinn gewesen sey. Heutiges Tages sind Siamer, Bramanen und andere Indianer sehr weit zurück in der Sternkunde. Nur sehr unvollkommene Kenntnisse haben sie von einzelnen Theilen der Astronomie, z. B. von der Jahreslänge, von der Tages-Eintheilung durch eine Art Sonnenuhren, von der Eintheilung des Thierkreises, von dem Fortrücken der Nachtgleichen und von der Methode, Sonnen- und Mondfinsternisse zu berechnen.

Daß die Phönicier, schon im hohen Alterthume ein handelndes Volk voller Thätigkeit, nicht minder manche gute astronomische Kenntnisse, vornehmlich von der Bewegung der Gestirne, gehabt haben, kann man leicht denken. Schon ihre Seereisen nöthigten sie zur Beobachtung der Gestirne, um durch deren veränderten Stand die Gegend zu beurtheilen, wo sie sich befänden und wo sie hinsegeln müßten.

§. 272.

Bei den Griechen soll Thales von Milet, der bekannte Stifter der Jonischen Schule, der erste gewesen seyn, welcher in seinem Vaterlande wissenschaftliche astronomische Kenntnisse verbreitete. Was vor ihm die Griechen in der Sternkunde wußten, waren gleichsam nur Brocken von der Stellung und Bewegung der Himmelskörper, von Sonnen- und Mondfinsternissen u. dgl. Wahrscheinlich hatte Thales seine ersten astronomischen Kenntnisse aus Aegypten geholt; zu Hause bildete er sie für sich weiter aus und gab ihnen durch eigne Beobachtungen einen größern Umfang. Er zeigte den Griechen, woher die Ungleichheit der Tage und Nächte komme; er erklärte ihnen die Ursache von den Sonnen- und Mondfinsternissen, sowie die Art und Weise, wie man sie

vorausbestimmen könne. Da er selbst einmal die Zeit und Stunde voraussagte, wann eine Sonnenfinsterniß eintreten würde, und da seine Voraussagung richtig zutraf, so setzte er sich dadurch bei seinen Landsleuten in großes Ansehen.

§. 273.

Sein Nachfolger Anaximander in der Schule zu Milet bildete manches, was Thales gegründet hatte, weiter aus und fügte selbst neue Entdeckungen hinzu. Er hatte schon die Idee von der runden kugelartigen Gestalt der Erde, welche bald nach ihm Anaximenes, Anaxagoras, Pericles, Archelaus u. a. auffaßten und weiter verfolgten. Es war schon dem Geiste dieser Männer wahrscheinlich genug, daß die runde Erde sich um den Himmel herum bewege.

Dem Anaximander schreibt man auch die Erfindung der Himmelskugeln (Himmels-Globen) und der geographischen Charten zu. Zu Lacedämon ließ er einen Gnomon errichten, und mittelst desselben bestimmte er die Schiefe der Ecliptik, die Solstitien und Aequinoctien. Ueberhaupt erfand er auch verschiedene Arten von Sonnenuhren, und manche der vorhandenen verbesserte er.

§. 274.

Da man die meisten Sterne, nämlich die Fixsterne, in solchen unveränderlichen Haufen oder Gruppen erblickte, die eine gewisse Gestalt hatten, so suchte man schon in alten Zeiten die ganze Summe dieser Sterne nach solchen Gruppen, in sogenannte Gestirne, Sternbilder oder Constellationen einzutheilen, um sie besser in Erinnerung behalten und leicht wieder auffinden zu können. Alle Sterne ein-

zeln zu behalten, wäre ja unmöglich gewesen. Zur Zeit des Thales und des Anaximanders wurde diese Eintheilungsart vervollkommnet. Die Phantasie der Griechen schuf allerley Gestalten aus Sternen-Gruppen, woraus sie dann wirklich historische oder nur fabelhafte Sinnbilder machten, die von Ackergeräthen, von Menschen- oder Thiergestalten u. dgl. ihren Namen erhielten, wie z. B. der Wagen oder große Bär, der Orion, die Gluckhenne oder die Plejaden ꝛc. Ohngefähr 150 Jahre vor Christi Geburt entwarf Hipparch ein Fixsternen-Verzeichniß aus 1022 Sternen bestehend und in 49 Sternbilder geordnet (§. 305.). Ptolemäus hat dieses Verzeichniß in seinem Almagest aufbewahrt.

Die Milchstrasse, aus unzählig vielen Sternen bestehend, ist als solche, wie Plutarch bezeugt, schon von Democrit angesehen worden. Nach Erfindung der Fernröhre, wo manche von jenen Sternen einzeln sichtbar wurden, bestätigten die Astronomen diese Meinung. Die unermeßlichen Entfernungen der Sterne sind Ursache, daß sie insgesammt nur einen vereinigten Lichtschimmer darstellen.

§. 275.

Ein etwa 60 Grad breiter Kugelstreifen am Himmel, über welchem hin Sonne, Mond und Planeten sich bewegen oder zu bewegen scheinen, wird Thierkreis oder Zodiakus genannt. Die Griechen lernten einen solchen Thierkreis von den Aegyptiern kennen; aber erst zur Zeit des Thales stellten sie ihn in einer regelmäßigen Gestalt vor ihre Augen, und man darf wohl vermuthen, daß er zu Anfange nur den Lauf der Sonne und des Mondes in sich faßte, deren Bahnen sich unter einem Winkel von 5 Graden durchschneiden.

Der Thierkreis wurde in zwölf Constellationen eingetheilt. Ihre Namen-Folge von Westen nach Osten und Zeichen sind:

Widder, Stier, Zwillinge, Krebs, Löwe,
♈ ♉ ♊ ♋ ♌
Jungfrau, Waage, Skorpion, Schütze,
♍ ♎ ♏ ♐
Steinbock, Wassermann, Fische.
♑ ♒ ♓

§. 276.

Der Name Thierkreis, Zodiakus (von Ζωδιον, ein kleines Thier) entstand, weil die Sterngruppen, welche sich in demselben oder nahe dabei befinden, meistens Thiere vorstellen. Die Ecliptik oder Sonnenbahn befindet sich darin. Der Name Ecliptik rührt von dem griechischen Ἐκλει-πειν her, welches so viel wie verfinstern heißt, weil Sonnen- und Mondfinsternisse nur dann sich ereignen können, wenn der Mond in der Ecliptik oder nahe dabei sich befindet. Die alten Hirten und Feldarbeiter merkten sich besonders diejenigen Sterngruppen, welche in jedem Monat ganz kurz vor Aufgange der Sonne über den Horizont in Osten aufstiegen, und diese waren es denn hauptsächlich, denen sie vor allen übrigen besondere Namen und Figuren beilegten.

§. 277.

Mit den Gestirnen des Thierkreises hatte es in dieser Hinsicht folgende Bewandniß.

Der Widder, dessen Zeichen ein Paar Widderhörner vorstellen soll, erhielt seinen Namen von der Lammzeit, welche im hohen Alterthume herannahte, wenn dieses Gestirn kurz vor Sonnen-Aufgange in der Morgendämmerung erschien;

in späterer Zeit wurde für die Entstehungsart jenes Namens eine Fabel ausgesonnen, worin ein Widder ein Paar Kinder durch Meereswogen retten mußte. Der Stier, dessen Zeichen einen Ochsenkopf bedeutet, soll seinen Namen von Jupiters Verwandlung in einen weißen Stier erhalten haben, als er die schöne Europa entführen wollte; die Zwillinge den Kastor und Pollux, dessen Zeichen leicht verstanden wird; der Krebs, dessen Zeichen einen Krebsschwanz bedeutet, soll denjenigen Krebs vorstellen, welcher den Herkules in die Füße zwickte, als er eben die vielköpfige große Wasserschlange tödten wollte; der Löwe, dessen Zeichen einen gekrümmten Löwenschwanz vorstellt, soll den grausamen Löwen bedeuten, welcher vom Herkules in einem Walde bei Nemea getödtet wurde, wo dann unter Herkules die Sonne verstanden wurde, welche mit ihren mächtigen Strahlen selbst jenes sehr glänzende Gestirn überwältigte; die Jungfrau, deren Zeichen ein Aehrenbüschel vorstellt, soll die Ceres seyn, welche bei den Aegyptiern Isis hieß; die Waage, dessen Zeichen leicht für einen Waagbalken zu erkennen ist, der Göttin der Gesetze gewidmet; der Skorpion, dessen Zeichen den vielgliedrigen Schwanz des krebsähnlichen Thieres anzeigt, soll dasjenige Thier seyn, welches den berühmten Jäger Orion in die Ferse stach und dadurch so vergiftete, daß dieser davon starb; der Schütze, dessen Zeichen man leicht für einen Pfeil erkennt, soll den Jäger Krotus, Sohn des Pan bedeuten, welcher in Gestalt eines Centaurs mit Bogen und Pfeil, wegen seiner vier Pferdefüße schneller laufen konnte; der Steinbock, dessen Zeichen Kopf, Brust und Schwanz dieses Thiers vorstellt, in welchen Jupiter den Pan verwandelte; der Wassermann, dessen

Zeichen ein Paar Wasserwellen und welcher selbst den Jupiter bedeutet, wie er aus einem Kruge einen so großen Strom goß, daß dadurch eine Wasserfluth entstand, worin alle Menschen bis auf Deukalion und dessen Gemahlin umkamen; und die Fische, nämlich zwei Fische, wie man auch am Zeichen sieht, in welche, nach der Fabel, Venus und Amor sich verwandelten, als Typhon sie in einen Fluß jagte und fressen wollte.

So waren die Auslegungen dieser Sternbilder nach griechischen Legenden. Nach der ägyptischen Fabellehre gaben wieder andere Ereignisse zu denselben Bildern Veranlassung.

§. 278.

Daß die fünf Planeten: Saturn, Jupiter, Mars, Venus und Merkur, welche, nebst Sonne und Mond, den Wochentagen ihren Namen gaben, wahrscheinlich schon vor der Griechen-Zeit den Menschen bekannt gewesen sind, wissen wir bereits (§. 267.). Es läßt sich denken, daß Hirten, Feldarbeiter und herumziehende Menschen, die schon aus Langeweile oder aus Neugierde zur Nachtzeit den Himmel betrachteten, diese Sterne von den Fixsternen dadurch unterscheiden lernten, daß sie in Beziehung auf diese Sterne, auf ähnliche Art wie der Mond (bei seinem monatlichen Laufe um die Erde), ihre Stelle am Himmel änderten, daß sie bald vorwärts, bald rückwärts zu gehen, bald auch eine Zeit lang still zu stehen schienen, woher sie auch den Namen Planeten, d. h. Irrsterne oder Wandelsterne erhielten.

§. 279.

So wie das Jahr bei den meisten Völkern aus dem jährlichen (scheinbaren) Umlauf der Sonne um die Erde, der Monat aus der monatlichen Umdrehung des Mondes um

die Erde entstanden war, so gaben die vier verschiedenen Haupt-Lichtgestalten des Mondes, Erstes Viertel, Vollmond, Letztes Viertel und Neumond zu der Eintheilung des Monats in vier Wochen Veranlassung. Die Namen für die sieben Tage in der Woche entlehnten die Alten wohl deshalb von den sieben Planeten (Sonne und Mond dazu gerechnet), weil sie diese auch als Götter verehrten und jeden Tag der Woche einem derselben widmeten.

Sie fingen aber die Woche am Sonnabend an, damals Saturns-Tag genannt, woraus, zusammengezogen, im Deutschen Samstag entstand. Der zweite der Sonne gewidmete Tag hieß Sonntag; der dritte dem Monde gewidmete Montag; der vierte dem Mars gewidmete Marstag oder im Deutschen Dingstag (woraus Dienstag entstand), weil einige nördliche Völker das Thun des Kriegsgottes Dingen nannten; der fünfte, den wir Mittwochen nennen, weil er mitten in der Woche liegt, hatten die Alten dem Merkur gewidmet, und da dieser dem Götzen Wodan der Germanier ähnlich gewesen seyn soll, so wurde er oft auch Wodanstag oder Woenstag genannt; der sechste wurde dem Donnergotte oder Jupiter gewidmet und hieß deswegen Donnerstag; und der siebente der Venus, eine ähnliche Göttin wie die Freia der nördlichen alten Völker, weshalb wir ihn Freitag nannten.

§. 280.

Als die griechischen Astronomen den Thierkreis genauer zu bestimmen angefangen hatten, da kannten sie wohl schwerlich schon die Neigung der Planetenbahnen gegen die Ebene der Ecliptik (der Sonnenbahn) nach derjenigen Richtigkeit, wie

wir sie jetzt kennen. Auch gehen die genauen Beobachtungen, welche man über die Bewegungen und Erscheinungen des Saturn, Jupiter, Mars, Venus und Merkur angestellt hat, nicht weiter, als etwa dreihundert Jahre vor der christlichen Zeitrechnung hinauf. Es gehörten erst Zeit und viele Beobachtungen dazu, alles wunderbar scheinende jener Bewegungen auf eine wahrscheinliche Art zu erklären. Merkur verursachte in dieser Hinsicht die meisten Schwierigkeiten, weil er so oft in den Sonnenstrahlen verborgen ist.

§. 281.

Von den Kometen hatten die Alten ganz falsche abergläubische Begriffe. Sie hielten sie für Meteore, welche das höchste Wesen von Zeit zu Zeit erscheinen ließe, um den Menschen seinen Zorn und eine darauf folgende außerordentliche Erscheinung, wie Krieg, Pestilenz und theure Zeit anzudeuten. Das letztere wurde selbst in den neuern Zeiten noch von den ungebildeten Ständen geglaubt. Die plötzliche Erscheinung der Komenten, ihre unregelmäßige Bewegung, ihre oft sehr langen und den Augen der Menschen oft von seltsamer Gestalt dargestellten Schweife konnten den Erdbewohnern wohl als etwas Außerordentliches, ja Schreckliches vorkommen.

Selbst die bessern alten Astronomen scheinen sich nicht viel um die Kometen bekümmert zu haben, vermuthlich deswegen nicht, weil sie dieselben nicht wie den Mond und die Erde für feste Himmelskörper hielten, und weil die oft gar zu kurze Dauer ihrer Erscheinung ihnen die Lust zur Beobachtung derselben benahm. Erst einer neuern Zeit blieb es vorbehalten, über diese sonderbaren Himmelskörper bessere Auskunft zu bekommen.

§. 282.

Es läßt sich denken, daß schon die Astronomen der ältesten Völker das Sonnenjahr hatten, daß sie nämlich schon die Dauer von einer Frühlings-Nachtgleiche bis zur andern oder von einer Winter-Sonnenwende bis zur nächstfolgenden etc. wenigstens bis auf einige Tage richtig bemerkt haben. Sie sahen ja, daß die Sonne bei Erscheinung eines jeden Neumondes um einen sehr bemerkbaren Theil gegen Osten vorgerückt und nach zwölf verflossenen Monaten um den ganzen Himmel herumgekommen war. Da sie keine eigentliche Beobachtungs-Werkzeuge hatten, und da der helle Glanz der Sonne kurz vor ihrem Aufgange und kurz nach ihrem Untergange es ihnen nicht verstattete die Zeit des Auf- und Untergangs mit vieler Schärfe wahrzunehmen, so glaubten sie, daß jene Dauer 12mal 30, d. i. 360 Tage betrüge. Diese gaben ihnen nun ein Zeitmaß, das Sonnenjahr, ab. Das Fehlerhafte jener Beobachtung erzeugte in der Folge manche Schwierigkeit in der Zeit-Bestimmung.

§. 283.

Ohnstreitig ist die Erfindung des Sonnenjahres älter, als alle Nachrichten, die aus dem Alterthume zu uns gekommen sind. Vermuthlich wandte man den Mond und seine Viertel noch früher zu einem Zeitmaße an, als die Sonne. Aber auch einen Mond-Umlauf nannte man in den ältesten Zeiten ein Jahr, worunter man, wie z. B. auch unter dem lateinischen Worte Annus (ein Kreislauf oder Ring) nichts weiter verstand, als einen Umlauf, eine Periode. Auf diese Weise konnte freilich auch nicht blos ein Monat, sondern sogar ein Tag Jahr genannt werden. Und so ist es denn ge-

kommen, daß bei den verschiedenen ältesten Nationen so mancherlei Arten von Jahren und von so ganz verschiedener Länge üblich waren, und daß manche Völker ihren Ursprung auf viele Dutzende von Jahrtausende, auf Hunderttausende von Jahren rc. hinaussetzen, der kaum ein Paar Jahrtausende beträgt, wenn wir unter Jahr unser Sonnenjahr verstehen. Das hat freilich in der Geschichte manche Unordnung verursacht.

§. 284.

In der Schule, welche Pythagoras in Italien stiftete, wurde die Astronomie als ein besonders Studium behandelt. Was Anaximander, Anaximenes u. a. nur gemuthmaßt hatten (§. 273.), wurde von Pythagoras und dessen Schülern oder Anhängern Empedocles, Philolaus, Eudoxus rc. zur Gewißheit erhoben. Diese vortrefflichen Männer hatten bemerkt, daß Menschen an verschiedenen Orten der Erde einerlei Stern zu einer und derselben Zeit nicht auf einer gleichen Höhe über dem Horizont erblickten, auch wenn (wie auf der See) gar keine Berge oder sonstige Unebenheiten vorhanden waren. Daraus schlossen sie sehr richtig, daß die Oberfläche der Erde keine Ebene bilden könne, sondern nothwendig rund, kugelartig seyn müsse. Pythagoras redete deswegen sogar schon von Gegenfüßlern oder Antipoden.

Pythagoras dachte sich auch schon, was erst in neuerer Zeit Kopernikus ergründete, die Sonne im Mittelpunkt der Planetenwelt unbeweglich, und die Erde sammt den übrigen Planeten in den himmlischen Räumen um die Sonne sich bewegend. Aber nur ins Geheim theilte Pythagoras

diese Gedanken seinen Schülern mit, weil er die gemeinen Vorurtheile nicht öffentlich anzugreifen sich getraute; denn auch damals schon war die Bekämpfung der Unwissenheit und des Fanatismus mit mancherlei Gefahren verknüpft.

§. 285.

Schon bei den alten Völkern wurde es von der höchsten Wichtigkeit gehalten, die Bewegungen der Himmelskörper, hauptsächlich der Sonne und des Mondes, zu einem Zeitmaß anzuwenden. Hatte man in der allerfrühesten Zeit gefunden, daß das Sonnenjahr 360, später aber, daß es 365 Tage lang sey oder daß die Sonne vermöge ihres (scheinbaren) jährlichen Laufs in 365 Tagen wieder an denselben Ort zurückkehrte, so entdeckte man doch noch später, daß ein solches Jahr noch mehrere Stunden länger ist als 365 Tage. Die Aegyptier und die ersten griechischen Astronomen setzten es zu 365 Tagen und 6 Stunden fest, also um ohngefähr 11 Minuten länger, als die wahre Länge beträgt. Denn die neuere Astronomie bestimmt es zu 365 Tagen, 5 Stunden, 48 Minuten und 48 bis 49 Sekunden.

Obgleich der Mond den Erdbewohnern über 400mal näher ist als die Sonne, so hat doch die Bestimmung der Dauer seines monatlichen Umlaufs um die Erde den ältern Astronomen mehr Schwierigkeiten gemacht, als die Zeit der (scheinbaren) jährlichen Sonnen-Revolution. Lange glaubte man, der synodische Monat oder die Zeit von einem Neumonde bis zum andern wäre 29½ Tag lang. Den hierbei vorkommenden Bruch suchte man dadurch zu vermeiden, daß man die im Sonnenjahr enthaltenen zwölf synodischen Monate wechselsweise zu 29 und 30 Tagen annahm. Diejenigen von

29 Tagen nannte man unvollständige (κοιλοι, cavi), diejenigen von 30 Tagen volle Monate (πληρεις, pleni). Groß waren die Fehler, welche dadurch in der Zeitmessung erzeugt wurden. Die Dauer des Mondenjahres war dann nämlich nur 354 Tage, da seine wahre Dauer doch sehr nahe 365 Tage, 5 Stunden, 48 Minuten und 48 Sekunden betrug. Durch Einschaltungen einiger Tage oder einiger Monate suchte man, nach einer gewissen Zahl von Sonnen-Umläufen, jenen Fehler zu verbessern. Aber diese Mittel waren freilich sehr ungnügend und eben so fehlerhaft, als die Fehler selbst, die man dadurch verbessern wollte.

§. 286.

Ohngefähr 550 Jahre vor der christlichen Zeitrechnung schlug Kleostratus, ein Astronom von der Insel Tenedos, eine Mond- und Sonnenperiode von acht Sonnenjahren vor, welche aus vier Unterperioden bestand, deren jede zwei Jahre enthielt. In diese Periode schaltete man nur dreimal einen vollen Mondenmonat ein, und zwar am Ende des dritten, fünften und achten Jahres. Man nannte diese Periode Octanteris.

Einfach war diese Periode allerdings; auch genau würde sie seyn, wenn das Sonnenjahr 565 Tage, 6 Stunden, und das Mondenjahr 354 Tage hätte. Alsdann würden sowohl die acht Sonnenjahre, als auch die acht Mondenjahre 2922 Tage enthalten, wenn man die Mondenjahre mit 90 Tagen (für die drei Einschaltungs-Monate) vermehrte. Aber die dabei angewandten Grundsätze sind falsch, folglich muß auch die Periode selbst unrichtig seyn.

§. 287.

Eine bessere Sonnen= und Mondperiode bildeten, mittelst Benutzung gar vieler Beobachtungen, die athenienischen Astronomen Meton und Euktemon, ohngefähr 433 Jahre vor Christi Geburt. Ihre Periode umfaßte einen Cyclus von 19 Sonnenjahren. Zwölf derselben bestanden jede aus 12, die übrigen sieben aus 19, zusammen also aus 235 Mond=Umläufen. Die ungeraden Zahlen der Mond=Umläufe vertheilten sie nach Zwischenräumen auf die ganze Dauer des Cyclus; und die Jahre, in welchen man einschaltete, waren das 3te, 6te, 8te, 11te, 14, 17te und 19te. Sie setzten die 235 Mond=Umläufe aus 125 vollen Monaten und aus 110 unvollständigen zusammen. Das machte für die ganze Dauer der 235 Monate 6940 Tage aus, eine Dauer, welche fast derjenigen von 19 Sonnenjahren gleich kam. Man nannte diesen Cyclus den Cyclus des Meton, weil Meton vermuthlich den größten Antheil an der Erfindung desselben hatte. Aelian, Censorin und Diodor sprechen von ihm mit großen Lobeserhebungen. Mit glänzendem Erfolg machte man in Griechenland Gebrauch von ihm.

§. 288.

Wie hoch man diesen Cyclus schätzte, zeigte schon das an, daß man die Ordnung seiner Periode mit goldenen Buchstaben auf erzenen Tafeln eingraben ließ. Davon entsprang auch der noch in der neuesten Chronologie bekannte Name güldene Zahl. Lange Zeit hindurch diente sie bei allen europäischen Nationen zur Berechnung des Kalenders als Grundlage. Selbst jetzt wendet man sie dazu an, aber mittelst gewisser Einschränkungen und Abänderungen. Das, was

ihr in Hinsicht der Bewegung des Mondes und der Sonne an Richtigkeit abging, konnte nämlich nicht verborgen bleiben. So fand man, daß die 6940 Tage die wahre Dauer von 235 Mond-Umläufen ohngefähr um 7 Stunden 28 Minuten übertreffen; die wahre Dauer der 19 Sonnenjahre etwa um 9 Stunden 28 Minuten. Auch trafen die Neumonde, Vollmonde und andere Lichtgestalten (Phasen) des Mondes nicht genau in dieselben Epochen von einem Cyclus zum andern.

§. 289.

Diese Unvollkommenheiten wurden schon zu jener Zeit, nach Ablauf von vier oder fünf Cyclen wirklich bemerkt. Deswegen schlug der, 338 Jahre vor Christi Geburt lebende athenienſische Astronom Kalippus einen neuen Cyclus vor, welcher aus 76 Sonnenjahren oder 4 Metonschen Cyclen bestand. Nach Ablauf dieser Zeit mußte ein Tag aus ihm herausfallen. Die Periode hatte mithin drei Theile, jeden von 6940 Tagen und einen vierten von nur 6939 Tagen. Hatte auch dieser neue Cylcus mehr Genauigkeit, als der Metonsche, so ging ihm doch manches an der gehörigen Vollkommenheit ab, wenn man ihn mit der Bewegung der Sonne und des Mondes verglich.

Auch spätern Astronomen glückte es noch nicht, eine völlig richtige Genauigkeit und Uebereinstimmung in jene Zeit-Eintheilung, durch Hülfe der Sonnen- und Mond-Bewegungen, zu bringen. Denn die wechselseitigen Störungen der Welten des Sonnensystems unter einander wegen der verschiedenen Anziehungskräfte, womit sie auf einander wirken, bringen in ihren Bewegungen immer solche Veränderungen

zuwege, daß dadurch in den Cyclen immer einige Ungleichheiten hervorgebracht werden.

§. 290.

Eudoxus, welcher im vierten Jahrhundert vor Christi Geburt lebte, war einer der berühmtesten Astronomen des Alterthums. Die Sternkunde verdankt ihm mehrere wichtige Entdeckungen. Er ließ sowohl in seiner Vaterstadt Cnidus, als auch zu Heliopolis in Aegypten Sternwarten bauen, die noch lange nach seinem Tode als wissenschaftliche Merkwürdigkeiten gezeigt wurden. Um seinen Zeitgenossen den Zustand des Himmels darzulegen, so machte er mehrere Jahre Ephemeriden bekannt, die so berühmt waren, daß man sie an öffentlichen Orten anschlug.

Eudoxus erfand eine künstliche Sphäre, welche bestimmt war, für das Klima von Griechenland den Auf- und Untergang der Sonne und des Mondes, die Lichtgestalten des Mondes, die Constellationen rc. darzustellen. Er hatte darüber auch zwei Werke geschrieben, welche Hipparch anführt. War jene künstliche astronomische Maschine auch noch unvollkommen, so war sie für die damalige Zeit doch bewundernswürdig und dankenswerth. Der 276 Jahre vor Christi Geburt lebende Astronom Aratus, welcher auf Verlangen des damaligen macedonischen Königs Antigonus Gonatas die Lehren der Astronomie in griechischen Versen vortrug, gab darin auch von der Sphäre des Eudoxus eine Erklärung. Durch Cicero, Germanicus und Avienus sind diese Gedichte (Phaenomena und Prognostica) der Nachwelt überliefert worden.

§. 291.

Als die Astronomie einige Jahrhunderte vor Christi Geburt in Griechenland bedeutende Fortschritte that, wurde sie auch von einigen westlichen europäischen Völkern, z. B. den Galliern, mit manchem Erfolg cultivirt. So ertheilten, nach Cäsars Bericht, die Druiden bei ihrem Jugend-Unterricht besondere Belehrungen über die Bewegung der Himmelskörper, über die Größe der Erde ꝛc. In der mit der Sternkunde so wesentlich verbundenen Schiffskunst hatten die Gallier schon recht gute Kenntnisse.

Der ums Jahr 380 vor der christlichen Zeitrechnung in Marseille geborne Pytheas beobachtete in seiner Vaterstadt die Mittagshöhe der Sonne zur Zeit der Solstitien mittelst eines Gnomons. Er behauptete nach diesen Beobachtungen, daß die Mittagshöhe der Sonne zu Marseille und zu Byzanz einerlei sey. Das war aber falsch, weil beide Orte um zwei Grad in der Breite von einander verschieden waren. Seinen Beobachtungeu fehlte daher viel an der erforderlichen Genauigkeit. Auch auf Reisen in entfernte Länder machte Pytheas astronomische Beobachtungen. Er bemerkte bei seinem Vordringen in nordische Gegenden ein auffallendes Wachsthum in der Abnahme der Nächte um die Zeit des Sommer-Solstitiums. Er scheint bis nach Island oder in den nördlichen Theil von Norwegen gekommen zu seyn, weil er auf einer Insel, die er Thule nennt, die Sonne bald nach ihrem Untergange wieder aufgehen sah. Man hielt damals seine Nachrichten für Fabeln.

Unter die übrigen Entdeckungen, welche Pytheas gemacht haben soll, zählt man auch diejenigen, daß der Polar-

stern nicht am Pole selbst stehe, sondern daß er mit drei andern benachbarten Sternen eine vierseitige Figur bilde, in deren Mitte ohngefähr der Pol sich befinde. Den Zusammenhang der Ebbe und Fluth mit der Bewegung des Mondes soll er gleichfalls zuerst dargethan haben.

§. 292.

Alexanders Ruhm- und Eroberungssucht kam der Astronomie, sowie andern Theilen der Naturwissenschaften, recht sehr zu statten. Weil nämlich dem großen Fürsten viel daran gelegen war, daß die Nachwelt alle die Länder kennen lernte, die in dem Kreise seiner Eroberungen lagen, so ertheilte er mehreren berühmten Gelehrten, vornehmlich dem Aristoteles, Aufträge, die sich auf die Befriedigung seiner Wünsche bezogen. Da mußten denn auch Entdeckungen ans Licht kommen und bekannt gemacht werden, die gerade nicht das Eigentliche jener Wünsche betrafen.

So schrieb Aristoteles in Auftrag jenes Fürsten viele Werke über astronomische und geographische Gegenstände. Unter andern bewieß er (in seinem Werke de coelo) die Kugelgestalt der Erde aus der Mondfinsterniß, weil der über der Mondscheibe liegende Erd-Schatten rund sey. Dasselbe bewieß er auch aus der verschiedenen Höhe der Sterne, wenn sie näher dem Pole oder entfernter davon betrachtet werden. Und als Alexander auch die Länder seiner Herrschaft durch unmittelbare Messung unter der Oberaufsicht von Kallisthenes aufnehmen ließ, da erhob er die Geographie durch ihre Verbindung mit der Astronomie zu einer wahren Wissenschaft, die in der Folge immer mehr erweitert und vervollkommnet wurde.

§. 293.

Als man die Hypothese von der runden kugelartigen Gestalt der Erde aufgestellt hatte (§. 273. und 292.), da mußte man auch einsehen, daß sie, vom Himmel getrennt, frei im großen Weltraume schwebte und, verglichen mit diesem, von keiner übermäßigen Größe war; und als man die Veränderungen in der Höhe der Gestirne bei Reisen bemerkt hatte, da war auch der Gedanke so auffallend nicht, jene verschiedene Höhe der Sterne auf verschiedenen Stellen der Erde, wohin man bei Reisen kam, zu benutzen, um den Umfang der Erde zu messen. Von diesem Verfahren redet Aristoteles (in seinem Werke de coelo) schon deutlich genug, als von einer den Pythagoräern, namentlich dem Archytas schon bekannten Sache.

Der erste unter den Alten, welcher wirklich eine solche auf Geometrie und Astronomie gegründete Erd-Messung vornahm, war Eratosthenes im Jahr 280 vor Christi Geburt. Seine, von Kleomedes uns erhaltene Messungsart ist in neuerer Zeit von Riccioli, Schaubach und andern gehörig erläutert worden.

§. 294.

Eratosthenes wußte, daß zur Zeit des Sommer-Solstitiums die Sonne um Mittag durch den Scheitelpunkt der in Aetheopiens Nähe unter dem Krebs-Wendecirkel liegenden Stadt Syene ging. Ein in dieser Stadt erbauter Brunnen wurde an dem Tage des Solstitiums um die Mittagszeit seiner ganzen Länge nach von der Sonne beschienen. Da Eratosthenes (der Wahrheit sehr nahe) voraussetzte, Syene und Alexandrien lägen unter einerlei Meridian, so

ließ er zu Alexandrien, wo er Aufseher der Bibliothek war, eine hohle Halbkugel errichten, aus deren Boden ein lothrechter Stift sich erhob, dessen Spitze der Mittelpunkt der Krümmung der Halbkugel war. Die von den Sonnenstrahlen getroffene Spitze dieses Stifts warf auf die hohle Oberfläche der Halbkugel einen Schatten. Da er nun ferner sich vorstellte, die Stadt Syene läge unter der lothrechten Richtung jenes Stiftes, so bemerkte er, daß des Mittags der zwischen dem untern Endpunkte des Stiftes und dem Endpunkte jenes Schattens befindliche Bogen der fünfzigste Theil des ganzen Umfangs war. Hieraus zog er den Schluß, daß der zwischen Alexandrien und Syene enthaltene himmlische Bogen dieselbe Größe besäße und daß auf gleiche Weise der zwischen diesen beiden Städten befindliche Bogen der Erde auch der fünfzigste Theil des ganzen Umfangs eines größten Kreises der Erde seyn müßte. Da man nun die Größe dieses letztern Bogens durch unmittelbare Messung in Erfahrung bringen konnte, so brauchte man diese Größe nur mit 50 zu multipliciren, um den ganzen Umfang der Erde zu erhalten.

§. 295.

Als nun wirklich jener Bogen geometrisch gemessen wurde, da fand man, daß er 5000 Stadien betrug, folglich war der ganze Umfang der Erde 250000 Stadien, und ein Grad eines größten Kreises der Erde $694\frac{4}{9}$ Stadien groß. — Daß man diese ganze Meßoperation des Eratosthenes höchst merkwürdig fand, ist nicht zu verwundern. Das obige Instrument, welches dazu gebraucht wurde, war das von Aristarch erfundene Skaphium.

Um den in der Zahl $694\frac{4}{9}$ Stadien, für die Länge eines

Grades, enthaltenen Bruch wegzuschaffen, und in der Meinung, daß man auf 5 bis 6 Stadien genau die Länge eines Grades doch nicht bestimmen könne, nahmen nachher einige Astronomen die Länge eines Grades zu 700 Stadien an. Das gab für die Länge des ganzen Umfangs der Erde 252000 Stadien.

§. 296.

Posidonius, ein Zeitgenosse des Pompejus, hatte, nach Keomedes Bericht, ebenfalls eine Erdmessung (Gradmessung) vorgenommen. Diese gründete sich auf die Beobachtung, daß zu Rhodus der Stern Kanopus um dieselbe Zeit am Horizonte erschien, wo er zu Alexandrien (welche Stadt er unter demselben Meridian liegend annahm) um den 48sten Theil des Umfangs am Himmels sich erhob. Nach dieser Voraussetzung fand er, daß die Entfernung Alexandriens von Rhodus 5000 Stadien betrage, folglich der ganze Umfang der Erde 240000 Stadien und ein Grad 666⅔ Stadien.

In der Folge sah man ein, daß beide Messungen fehlerhaft, nämlich zu groß angegeben worden waren. So hatte Posidonius die Entfernung Alexandriens bis Rhodus viel größer angenommen, als sie wirklich war. Will man dem Strabo glauben, welcher unter August seine Geographie schrieb, nämlich, daß Eratosthenes jene Entfernung gemessen und nur zu 3750 Stadien gefunden habe, so würde die Länge des ganzen Erd-Umfangs 180000 Stadien und die Länge eines Grades 500 Stadien betragen. Wußte man nun die Größe eines alten Stadiums in neuerm Längenmaße, so konnte man die alte Erdmessung mit unsern neuern vergleichen. Da gab es denn freilich bedeutende Abweichungen,

§. 297.

Alexanders Aufmunterungen zur Vervollkommnung der Sternkunde hatten freilich diese Wissenschaft weiter gebracht. Noch mehr Fortschritte machte sie aber durch die Aufmunterungen und freigebigen Unterstützungen der neuen ägyptischen Könige, um die berühmtesten Gelehrten in allen Gegenden der Welt aufzusuchen und nach Alexandrien zu ziehen. So kam es denn schon ums Jahr 295 vor Christi Geburt, daß Aristillus und Timocharis in dem Zeitraum von 26 Jahren über die Lage und Zahl der Fixsterne, sowie über die Bewegung der Planeten, sehr viele Beobachtungen machten. Diese Beobachtungen benutzte in der Folge Hipparch (§. 300 f.); auch dienten sie noch später dem Ptolemäus zur Grundlage seiner Planeten-Theorie. Höchst wahrscheinlich hatten jene beiden Männer schon eingetheilte kreisförmige Instrumente. Ihre Schriften sollen in der neuern Zeit noch bei den Arabern existirt haben.

§. 298.

Durch mehrere astronomische Entdeckungen und Hypothesen wurde ums Jahr 281 vor Christi Geburt Aristarch von Samos berühmt. Unter andern gab dieser Astronom eine einfache, wenn auch nicht sehr genaue, Methode an, das Verhältniß der Entfernungen des Mondes und der Sonne von der Erde sowie den Durchmesser dieser Himmelskörper zu bestimmen.

Aristarch fand, wie Plinius erzählt, mittelst seiner Messungen die Entfernung der Sonne ohngefähr 19mal größer, als die Entfernung des Mondes von der Erde. Das war freilich zu gering. Auch setzte er die Entfernung des

Mondes von der Erde auf 56 Erdhalbmesser; und das war viel richtiger. Er nahm ferner das Verhältniß des Sonnen-Durchmessers zum Erd-Durchmesser größer als 19:3, und kleiner als 43:6; das Verhältniß des Mond-Durchmessers zum Erd-Durchmesser größer als 19:60, und kleiner als 43:108. Das Verhältniß des Mond-Durchmessers zum Erd-Durchmesser war ziemlich genau; dasjenige des Sonnen-Durchmessers zum Erd-Durchmesser zu klein. Er zeigte auch denjenigen Philosophen, welche die Sonnenbahn für die Gränzen der Welt hielten, daß letztere sehr viel größer sey und daß sich die Sonne oder die Erde zur jährlichen Sonnenbahn (oder Erdbahn) ohngefähr verhalte wie die Sonnenbahn (oder Erdbahn) zum Fixsternhimmel. Seine noch vorhandene Schrift (de magnitudinibus et distantiis solis et lunae) ist von Commandinus 1572 ins Lateinische übersetzt worden.

§. 299.

Da die Astronomen oder Mathematiker jener alten Zeit auch Instrumente erfunden hatten, welche man zu Beobachtungen oder zur Erklärung von Himmels-Erscheinungen benutzte, so diente auch dieses zur Vermehrung der Fortschritte in der Sternkunde. Ein solches Instrument war z. B. die Armillarsphäre, welche Eratosthenes im Museum zu Alexandrien aufstellen ließ. Man sah an ihr Ringe, welche die Ecliptik, den Aequator, die Koluren ꝛc. mit mehreren andern Theilen vorstellten, wodurch man (auf ähnliche Art, wie bei unserer Ringkugel) manche astronomische Erscheinungen deutlich machen und manche Beobachtungen erleichtern konnte.

Viele Beobachtungen stellte Eratosthenes selbst an. Auch verfaßte er Schriften über die Sternkunde, die, bis auf eine Beschreibung der Constellationen, verloren gegangen sind. Schon seine Erdmessung allein (§. 294 f.) würde seinen Namen verewigen, wenn auch keine weitere Entdeckungen seinen Ruhm vermehrt hätten.

§. 500.

Hipparch aus Nicäa in Bithynien bereicherte um das Jahr 140 vor Christi Geburt die Sternkunde ganz ungemein, weshalb man ihn nicht mit Unrecht als den größten der damaligen Astronomen ansieht. Auf viele Beobachtungen gründete dieser berühmte Mann, gleichsam der Cartesius seiner Zeit, die Entdeckungen, welche wir ihm verdanken, und nicht auf bloße spekulative Ideen. Seine ersten Beobachtungen stellte er zu Rhodus an; zu Alexandrien setzte er sie fort; und hier erst brachte er seine vornehmsten astronomischen Arbeiten zu Stande. So berichtigte er die Dauer eines Jahrs, welche man vor ihm zu 365 Tagen 6 Stunden angenommen hatte. Er verminderte sie um ohngefähr 7 Minuten; und obgleich auch da noch Fehler übrig blieben, so war er dadurch doch der Wahrheit näher gekommen. Bedenkt man, daß Hipparch die Dauer eines Jahres (mit neuern Beobachtungen verglichen) zu 365 Tagen, 5 Stunden, 53 Minuten, 49½ Sekunden bestimmte, obgleich er, weil keine Fernröhre existirten, seine Beobachtungen mit bloßem Auge nur durch Beihülfe von Dioptern anstellen mußte, so erstaunt man mit Recht über die von der Wahrheit so wenig abweichende Genauigkeit.

Hatten die alten Astronomen die jährliche (scheinbare) Be-

wegung der Sonne als gleichförmig in einer Kreisbahn angenommen, so fand man sie in der Folge doch veränderlich in Beziehung auf die Erde, wovon man aber die Ursache noch nicht wußte. Aus Hipparchs Beobachtungen ergab sich, daß die Sonne ohngefähr 94 Tage 12 Stunden gebrauche, um von dem Frühlings-Aequinoctium zum Sommer-Solstitium fortzurücken; aber nur 92 Tage 12 Stunden vom Sommer-Solstitium bis zum Herbst-Aequinoctium. Er fand daher, daß sie zum Durchlaufen des nördlichen Theils der Ecliptik (beinahe) 187 Tage nöthig hatte, während sie zum Durchlaufen des südlichen Theils nur 178 Tage bedurfte. Den südlichen Theil der Ecliptik mußte sie daher schneller durchlaufen oder zu durchlaufen scheinen, als den nördlichen.

§. 301.

Als Hipparch über diese Erscheinung nachdachte, da fand er, daß man recht wohl bei einer gleichförmigen Bewegung der Sonne stehen bleiben und jenes Phänomen doch erklären könnte. Er setzte nämlich die Erde in eine gewisse Entfernung von dem Mittelpunkte der Ecliptik und so erhielt er die Eccentricität der (scheinbaren) Sonnenbahn, wodurch er die obige Ungleichheit der Bewegung (§. 300.) in Beziehung auf die Erde zu erklären vermochte. Er bestimmte die Größe der Eccentricität in Beziehung auf den Halbmesser der Ecliptik, sowie die Lage der Absiden-Linie oder derjenigen Linie, welche die in der Richtung des Durchmessers einander entgegengesetzten Punkte verbindet, worin die Sonne in ihrer größten und kleinsten Entfernung von der Erde sich befindet. Aehnliche Bemerkungen und Berechnungen machte er auch in Hinsicht der Mondsbahn.

Nachdem er die Grundsätze dazu gehörig befestigt hatte, so entwarf er für die Bewegungen der Sonne und des Mondes Tafeln, die ersten, wie man sie für diese Wissenschaft verfertigt hatte. Aehnliche Tafeln suchte Hipparch auch für die Bewegungen der fünf Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn zum Vorschein zu bringen. Er fand aber bald, daß die bis dahin über diese Planeten angestellten Beobachtungen nicht hinreichend dazu seyen.

Zwar wichen die von Hipparch bestimmten Eccentricitäten der Bahnen der Sonne und des Mondes nicht sehr von der Wahrheit ab; aber sehr fehlerhaft war doch dabei die Voraussetzung, daß diese Bahnen Kreise wären. Die Alten überhaupt dachten noch nicht an elliptische Bahnen. Hätten sie diese gekannt, so würden sie manche Ungleichförmigkeiten in der Bewegung der Planeten richtiger erklärt haben.

§. 302.

Von einer besondern Wichtigkeit war folgende Wahrnehmung des Hipparchus. Als dieser vortreffliche Astronom seine Beobachtungen mit den frühern des Aristillus und Timocharis verglich, da fand auch er, was die Chaldäer schon früher bemerkt hatten und was Plato schon wußte, daß die Fixsterne zwar immer einerley Lage gegen einander behielten, daß sie aber alle, nach der Ordnung der Zeichen im Thierkreise, eine kleine Bewegung hätten, oder zu haben schienen, deren Größe in 150 Jahren zwei Grade, oder in einem Jahre 48 Sekunden (im Bogen) betrüge. Man widmete dieser Bewegung bald mehr Aufmerksamkeit; und so fand man genauer, daß sie jährlich etwas mehr als 50 Sekunden ausmache.

Die Folgerungen, welche man aus dieser Entdeckung zog, waren die: Wenn die Sonne und ein Fixstern beide von einem und demselben Punkte der Ecliptik fortrücken, und von Westen nach Osten mit Geschwindigkeiten sich bewegen, die sich unter einander wie 360 Grade zu 50 Sekunden verhalten, so wird die Sonne zu demjenigen Punkte, von dem sie ausging, in einer Zeit zurückkehren, welche um die den 50 Sekunden entsprechende Größe kürzer ist, als die Zeit ihrer Rückkehr zu dem Fixstern. So zeigte denn die Rechnung, daß, wenn die erste Zeit oder das tropische Jahr 365 Tage, 5 Stunden, 48 Minuten und 48 Sekunden beträgt, die zweite Zeit oder das Sternjahr 365 Tage, 6 Stunden, 9 Minuten und 10 Sekunden ausmacht. — Und so schienen denn die Aequinoctialpunkte in Beziehung auf die Fixsterne zurückzuschreiten.

§. 303.

Jene Bewegung (§. 302.) mußte den ersten Sternkundigen freilich sonderbar vorkommen. Plato, der freilich nur eine sehr unvollkommene Kenntniß von ihr hatte, glaubte aus derselben den Schluß ziehen zu können, daß sie von der ganzen Umdrehung des Himmelsgewölbes herrühre, daß auf dieser Umdrehung 26000 Jahre vergingen, und daß dann immer eine neue Welt entstände, worin alle Menschen und alle Geschöpfe überhaupt, die schon existirt hatten, verjüngt zu neuem Leben hervorträten.

Man nannte die Periode von 26000 Jahren, wo der Himmel immer wieder dieselbe Stellung hat, das große Platonische Jahr; später nannte man dieselbe scheinbare Bewegung des ganzen Sternenhimmels das Rückwärtsgehen

der Nachtgleich=Punkte. Damit wurden denn freilich jene alten Träume vom Wiederentstehen aller schon vorhandenen Dinge aus den Köpfen aller vernünftigen Menschen hinweggebracht. Man sah ein, daß obige scheinbare Bewegung der Fixsterne oder das Rückwärtsgehen der Aequinoctialpunkte von unserer Erde selbst herrühre nnd zwar von einer Art Schwankung ihrer Axe.

§. 304.

Hipparch vervollkommnete auch die Aristarchsche Methode (§. 298.), das Verhältniß der Entfernungen der Sonne und des Mondes von der Erde zu bestimmen, indem er dabei hauptsächlich von der Parallaxe Gebrauch machte, d. h. von dem Winkel, welcher an einem Himmelskörper entsteht, wenn man von ihm bis zu einem Orte auf der Oberfläche der Erde und zu dem Mittelpunkte der Erde gerade Linien zieht, welche mit dem Halbmesser der Erde ein Dreieck bilden. Die eine Seite dieses Dreiecks ist der Halbmesser der Erde; aus ihm und den gemessenen Winkeln kann man die übrigen Seiten, z. B. diejenige bestimmen, welche die Entfernung des Himmelskörpers von der Erde ausmacht.

So fand Hipparch die Parallaxen der Planeten und des Mondes ohne zu große Schwierigkeit, und daraus bestimmte er denn die Entfernung der Himmelskörper von der Erde. Freilich wichen seine Resultate oft merklich von denjenigen der neuern Astronomen ab. Das ist aber nicht zu verwundern, wenn man nur wieder bedenkt, wie unvollkommen damals noch die Hülfsmittel zu den Observationen waren.

Weil Hipparch aus der Umlaufszeit des Mondes wußte, daß er täglich etwas mehr als 15 Grade seiner Bahn

durchläuft, so konnte er schon Tabellen von der Mond-Bewegung entwerfen, so wie er es auch für die Sonne gethan hatte.

§. 305.

Da zu Hipparchs Zeiten sich die seltsame Erscheinung ereignete, daß ein großer Stern plötzlich verschwand, so war dies für den großen Sternkundigen ein Haupt-Beweggrund, ein Verzeichniß der Fixsterne zu entwerfen und dabei zugleich die gegenseitige Lage derselben, ihre Gestalten rc. zu bemerken. Dadurch mußte denn der Nachwelt die Beurtheilung leicht gemacht werden, ob die Sterne ihre Lage stets beibehalten haben, oder nicht, ob neue hinzugekommen, ältere verschwunden seyen u. dgl. Und so legte Hipparch wirklich zu dem ganzen Gebäude der Astronomie einen Hauptgrund, den alle Völker seiner und der nachfolgenden Zeit mit größter Bewunderung anstaunten.

Nach Plinius Bericht, zählten die Alten schon 1600 Sterne in den Constellationen des Himmels. Hipparch zählte viel weniger. Aber er bestimmte sie genauer. Er theilte den Himmel (wie Ptolemäus in seinem Almagest erzählt) in 49 Sternbilder, wovon 12 in der Ecliptik, 21 nördliche und 16 südliche waren. Er soll sie schon auf eine Kugel getragen, folglich schon einen Himmels-Globus verfertigt haben.

§. 306.

Hipparchs 12 Sternbilder in der Ecliptik waren: der Widder, der Stier, die Zwillinge, der Krebs, der Löwe, die Jungfrau, die Waage, der Skorpion, der Schütze, der Steinbock, der Wassermann und die Fische.

Seine 21 nördlichen Sternbilder über der Eclip-

tik waren: der große Bär, der kleine Bär, der Drache, der Bärenhüter oder Bootes, die nördliche Krone, Herkules, der Schlangenträger oder Ophiuchus, die Schlange, die Leyer, der Schwan, der Pfeil, der Adler, der Delphin, das Pferd, Cepheus, Cassiopäa, Andromeda, Perseus, der Fuhrmann, der Triangel oder das Delta und das Hauptthaar der Berenice (letzteres schon von Konon an den Himmel gesetzt).

Seine 16 südlichen Sternbilder waren: der Wallfisch, Orion, der Haase, der Fluß (welcher aus der Urne des Wassermanns kommt), der Fluß Eridanus oder der Orionsfluß, der große Hund, der kleine Hund, das Schiff, die Wasserschlange, der Becher, der Rabe, der Centaur, die Lanze, welche der Centaur hält (später der Wolf genannt), das Rauchfaß oder der Altar, der Heroldsstab oder die südliche Krone (auch Uraniscul genannt), und der südliche Fisch.

In der Folge sind zu diesen Sternbildern manche andere hinzugesetzt worden.

§. 307.

Nicht die reine Sternkunde allein, sondern auch die Länderkunde, Handelskunde und gar viele Beschäftigungen des gemeinen Lebens zogen großen Vortheil von Hipparchs Entdeckungen. Das Verfahren, die Lage der Oerter auf der Erde durch geographische Länge und Breite zu bestimmen, ist zwar schon zu Alexanders Zeiten angedeutet worden; aber erst Hipparch brachte dasselbe auf gewisse unveränderliche Grundsätze; und eben dadurch wurden die Operationen selbst mittelst verschiedener Instrumente bedeutend erleichtert und mit mehr Sicherheit ausgeführt. — Die Instrumente der Alten, so unvollkommen sie auch gegen die unsrigen waren, hatten

wenigstens das Gute, daß sie immer eine beträchtliche Größe besaßen.

§. 308.

Posidonius, welcher eine bewegliche Sphäre oder Planetenmaschine erfand, stellte auf der Insel Rhodus viele astronomische Beobachtungen an und verbreitete wirklich manche astronomische Kenntnisse. Auch eine Grad- oder Erdmessung verdankte man ihm. Der etwas später lebende Kleomedes handelte in einem auf unsere Zeiten gekommenen Werke (Cyclica theoria meteorum seu motuum coelestium) von der Sphäre, den Perioden der Planeten, ihren Entfernungen und Größen, den Finsternissen ꝛc. Sein Zeitgenosse Geminus stand in wissenschaftlicher Hinsicht ohngefähr auf derselben Stufe. In seinen Elementen der Astronomie theilte er uns viele Beobachtungen der Chaldäer mit, von den Sonnen- und Mondperioden, welche diese Völker erdacht haben ꝛc. Ueber die Ordnung und Bewegung der Planeten lieferte er ein System, welches 150 Jahre später Ptolemäus eigentlich erst entwickelte und erklärte.

Julius Cäsar, welcher in der That gute astronomische Kenntnisse hatte, nahm es auf sich, den römischen Kalender zu verbessern. Dieser Kalender, von Numa Pompilius eingeführt, hatte schon in seiner Grundlage einige Unrichtigkeiten; und manche Irrthümer wurden nachher beigefügt. Dadurch gerieth er in eine solche Verwirrung, daß zu Cäsars Zeiten die Herbst-Monate in den Winter fielen, die Winter-Monate in den Frühling, u. s. w.

§. 309.

Mit Hinzuziehung des Astronomen Sosigenes von

Athen, der nach Rom kommen mußte, suchte Cäsar die Ordnung wieder herzustellen. Zuerst setzten beide Männer fest, daß das Jahr 708, von Roms Erbauung, aus vierzehn Monaten bestehen sollte. Hierauf nahmen sie das gemeine Jahr, welches bald von Julius Cäsar das Julianische Jahr genannt wurde, zu 365 Tagen und 6 Stunden an. Diese Dauer übertraf aber das alte ägyptische Jahr um 6 Stunden. Da es nun für das bürgerliche und politische Leben unbequem gewesen seyn würde, das Jahr bald mit der einen, bald mit der andern Stunde des Tages anfangen zu lassen, so setzte man folgendes fest:

Der Anfang eines jeden Jahres soll unveränderlich in eine und dieselbe Stunde des Tages fallen; das gemeine Jahr soll 365 Tage enthalten; die übrigen 6 Stunden sollen drei Jahre hindurch wegfallen; dafür aber soll in das vierte Jahr ein ganzer Tag eingeschaltet werden, folglich soll das vierte Jahr aus 366 Tagen bestehen. Man setzte den eingeschalteten Tag in den Februar-Monat.

§. 310.

In dem gemeinen Jahre hieß der 24ste Februar: VI ante Calendas Martias, oder der sechste Tag vor dem ersten März. Cäsar machte die Verordnung, daß dieser Tag in jedem vierten Jahre zweimal gezählt werden solle. So gab es dann in diesem Monate zwei Tage, von denen jeder der 6te vor dem ersten März hieß. In der Folge wurden diese Arten von Jahre Anni bissextiles genannt.

Sehr einfach war diese Einrichtung des Kalenders allerdings. Nur Schade! daß sie auf der Hypothese beruhte, das Jahr sey gerade 365 Tage und 6 Stunden lang. Da aber

das Jahr ohngefähr um 11 Minuten kürzer ist, so häuften sich dadurch nach und nach wieder Fehler an, die in der Folge gleichfalls hinweggeschafft werden mußten.

§. 311.

So schön und so ernsthaft man bisher die Gegenstände der Astronomie aufgefaßt und behandelt hatte, so trat doch nun ein Zeitpunkt ein, wo man das Herrliche der Weltordnung mit krassem Aberglauben zu verbinden und die erhabene Sternkunde zu einer Sterndeuterey (Astrologie) zu entwürdigen anfing. Manilius scheint dazu, unter Augusts Regierung, durch ein lateinisches Gedicht (Astronomica), welches in anderer Hinsicht manche schöne Stelle enthielt, den ersten Anlaß gegeben zu haben. Man muß sich wundern, daß nicht blos charakterlose, schwachsinnige, sondern selbst energische und kraftvolle Menschen, besonders Fürsten und andere Große, aus irgend einer Art von Schwärmerey, meistens aus Eitelkeit und Ruhmbegierde, sich von Sterndeutern leiten und ihr Schicksal aus den Sternen sich voraussagen ließen. Daß unter solchen Sterndeutern, mit oder ohne reellen Kenntnissen, oft auch Betrüger und nicht blos Schwärmer waren, kann man leicht denken.

Eine solche astrologische Wahrsagerey verbreitete sich zum Nachtheil der wahren Wissenschaft immer weiter und weiter aus und dauerte über sechzehn Jahrhunderte fort, bis das Zeitalter so aufgeklärt, die Wissenschaft wieder so geläutert wurde, daß die Astrologie ganz kraftlos und ohne Aussicht zum Wiederaufstehen darnieder sank.

§. 312.

Der, 55 Jahr nach Christi Geburt lebende Geometer

Menelaus hatte sich auch in der Astronomie durch schöne Beobachtungen, besonders durch Anwendung seiner sphärischen Trigonometrie auf die Lehren der Sternkunde, ausgezeichnet. Aber erst beinahe hundert Jahre nach ihm erschien der berühmte Ptolemäus, welcher die Astronomie in der Alexandrinischen Schule, als sie schon dahin zu sterben anfing, von Neuem belebte.

Ptolemäus bereicherte die Sternkunde nicht blos mit neuen Entdeckungen, sondern er vereinigte alle bis dahin bekannte Theile dieser Wissenschaft zu einem ordentlichen Ganzen. Er mag nun zu Pelusium oder zu Ptolemais (in Aegypten) geboren seyn, so ist wenigstens das gewiß, daß er frühzeitig nach Alexandrien kam und daselbst seine großen wichtigen Arbeiten zur Ausführung brachte.

Sein unter dem arabischen Namen Almagest (astronomischer Lehrbegriff) bekanntes und sehr berühmtes Werk umfaßt sowohl des Ptolemäus eigne Untersuchungen, als auch die ältern Beobachtungen und Theorien in der Sternkunde. So lieferte er über die Astronomie, ihrem damaligen Zustande gemäß, eine vollständige Sammlung, die in allen nachfolgenden Zeiten äußerst hoch geschätzt wurde, und wodurch sich Ptolemäus schon allein die Unsterblichkeit erwarb.

§. 313.

Das Fixstern-Verzeichniß (im Almagest) enthält 1028 Sterne, und zwar 16 der ersten Größe, 46 der zweiten, 208 der dritten, 474 der vierten, 217 der fünften, 9 dunkele Sterne und 5 neblichte, ohne das (schon von Konon an den Himmel gesetzte) Haupthaar der Berenice, welches 1 hellen und 2 dunkele Sterne enthält. Schon das Fixstern-

Verzeichniß des Hipparch und andere alte Himmels-Beobachtungen hatten dem Ptolemäus gezeigt, daß diese Gestirne unter einander selbst immer dieselbe Lage beibehielten. Das gab ihm also gleichsam einen festen Grund, worauf er die Bewegung der Planeten beziehen konnte. Wirklich machte es daher auch eine seiner Haupt-Arbeiten aus, die Bahnen der Planeten am Himmel, ihre Ordnung und ihre Entfernung von der Erde zu bestimmen.

Ptolemäus hatte auch schon, wie Hipparch, einen Himmels-Globus verfertigt, woran die Sterne und Sternbilder standen. Der Grund dieser Kugel war dunkel, wie der Himmel bei Nacht, die Sterne aber waren von einer, ihrer Größe angemessenen Farbe, und die Sternbilder waren wenig von dem Grunde verschieden. Die Kugel selbst war sehr groß; wie es scheint, so enthielt sie weiter keinen darauf gezeichneten Kreis, als blos die Ecliptik. — Winkelmesser oder Astrolabien (und zwar ganze Kreise von großen Durchmessern) hatte Ptolemäus schon von besonderer Güte.

§. 314.

Obgleich nach der Meinung des großen Haufens die Erde den Mittelpunkt der Welt einnimmt und die Bewegungen aller Himmelskörper um unsere Erde herum geschehen, so hatten doch schon Pythagoras und Aristarch von Samos, wie wir (aus §. 284 f.) wissen, diese Meinung bestritten und die Sonne als Mittelpunkt unseres Planetensystems angenommen. Ptolemäus fröhnte dem gemeinen Vorurtheil und den Sinnen des Menschen dadurch, daß er in seinem Planetensystem die Erde unbeweglich, und nicht blos den Mond, sondern auch den Merkur, die Venus, die Sonne,

den Mars, den Jupiter und den Saturn, nach dieser aufgeführten Ordnung, um die Erde sich drehend annahm. Ptolemäus hatte einen zu großen Namen, als daß man seine Hypothese nicht als wahr angenommen und so lange in die folgenden Jahrhunderte hinübergeführt hätte, bis Kopernikus durch sein neues System der gebildeten Welt die Augen öffnete und ihr mit dem wahren Weltsysteme (Planetensysteme) das wichtigste Geschenk machte.

§. 315.

Als Ptolemäus sein Planetensystem aufgestellt hatte, da zeigten sich ihm doch, um so mancherley Erscheinungen daraus herzuleiten, manche Schwierigkeiten, die er nur dadurch besiegen konnte, daß er neue Hypothesen erdachte, welche er an die Haupt-Hypothese anknüpfte. So machte ihm anfangs das Vor- und Rückwärtsgehen und das Stillstehen der Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn (§. 267.) in seiner Hypothese irre. Aber er half sich bald dadurch, daß er annahm, jeder Planet für sich beschreibe einen kleinen Kreis (den circulus differens) und alle diese Kreise wirbelten mit ihren Planeten wieder entweder in concentrischen oder in excentrischen Kreisen um die Erde herum. Aber wie verwickelt und künstlich wäre eine solche Bewegung! Schon damals konnten mehrere scharfsinnige Männer nicht begreifen, warum der große Baumeister des Weltalls, der doch sonst Alles so gut gemacht, die Bewegungen der Himmelskörper nicht auf andere einfachere Weise möge eingerichtet haben.

Die von Hipparch entdeckte Bewegung der Fixsterne in der Länge (§. 302.) wurde auch vom Ptolemäus bestätigt. Nur eine kleine Verminderung glaubte letzterer anneh-

men zu können. Hipparch wollte diese Bewegung oder das Rückwärtsgehen der Aequinoctialpunkte zu 2 Graden in 150 Jahren, oder zu 48 Sekunden in einem Jahre gefunden haben. Ptolemäus hingegen nahm für dieselbe Bewegung nur 1 Grad auf 100 Jahre oder 36 Sekunden auf einen Tag an. Diese Annahme wich aber von der Wahrheit noch mehr ab, als Hipparchs Festsetzung, und verlängerte auch das Jahr um mehr als 6 Minuten. Da that also Ptolemäus mehr Rück- als Fortschritte.

§. 316.

In seiner Theorie über Sonne und Mond war Ptolemäus glücklicher. Zwar hatte schon Hipparch die Eccentricitäten der Sonnen- und Mondsbahn bemerkt; Ptolemäus aber befestigte diese Hypothese noch mehr. Bei dem Monde nahm er zugleich auch diejenige Ungleichheit wahr, welche jetzt Evection des Mondes genannt wird. Im Allgemeinen wußte man schon, daß die Geschwindigkeit des Mondes in seiner Bahn nicht immer genau dieselbe blieb, daß sie in dem Maaße ab- und zunahm, wie der Durchmesser dieses Erd-Begleiters zu wachsen oder sich zu verringern schien. Auch wußte man, daß die größte und kleinste Geschwindigkeit an den äußersten Punkten der Absiden-Linien der Mondsbahn statt fand. Aber weiter wußte man hiervon auch nichts.

Ptolemäus entdeckte zuerst, daß von einer Umwälzung zur andern die absoluten Größen jener beiden äußersten Geschwindigkeiten veränderlich sind, und daß der Unterschied dieser Geschwindigkeiten sich vermehrt, je weiter sich die Sonne von der Absiden-Linie des Mondes entfernt. Er schloß hieraus, daß die erstere, von der Eccentricität der Monds-

bahn abhängige Ungleichheit des Mondlaufs selbst einer jährlichen Ungleichheit unterworfen sey, und zwar einer Ungleichheit, welche auf die Lage der Absiden-Linie der Mondsbahn, in Beziehung auf die Sonne, ankomme. Durch die Observationen der neuern Astronomen ist die Wahrheit dieser Theorie völlig bestätigt worden. Aber auch noch andere Ungleichheiten in der Mond-Bewegung haben die Neuern aufgefunden.

§. 317.

Die Entfernung der beiden Wendekreise von einander nahm Ptolemäus zwischen $47\frac{2}{3}$ und $47\frac{3}{4}$ Grad an. Daraus ergab sich durch eine Mittelzahl die Schiefe der Ecliptik 23 Grad $51\frac{1}{2}$ Minute. Er bestimmte die Entfernung des Mondes von der Erde nach den verschiedenen Standpunkten dieses Trabanten in seiner Bahn zu 38, zu 43 und zu 59 Erd-Halbmessern. Durch Fehler in seinen Beobachtungen, die wegen Mangels an genauen Instrumenten damals nicht zu vermeiden waren, konnten die Resultate freilich nicht richtig ausfallen.

Den scheinbaren Durchmesser des Mondes fand Ptolemäus in seiner größten Entfernung von der Erde 31 Minuten 20 Sekunden, in seiner kleinsten Entfernung 35 Minuten 20 Sekunden, während in neuerer Zeit für erstere 29 Minuten 25 Sekunden, für letztere 33 Minuten 34 Sekunden angenommen wurde. Das Verhältniß des wahren Mond-Durchmessers zum Erd-Durchmesser gab er wie $1 : 3\frac{2}{5}$, und zum Sonnen-Durchmesser wie $1 : 18\frac{4}{5}$ an. In die Untersuchungen über die Finsternisse brachte er eine Genauigkeit, die für die damalige Zeit zu bewundern ist.

§. 518.

Die Geographie des Ptolemäus wurde gleichfalls berühmt. Nach Hipparchs Methode setzte er in derselben die Lage der Oerter auf der Erde mittelst ihrer Länge und Breite fest. Daß dabei Fehler mit unterliefen, ist wohl verzeihlich, wenn man den damaligen Zustand der Wissenschaft vor Augen hat, und um so verzeihlicher, da selbst in der neuern Geographie noch manche Fehler in der Lagen-Bestimmung der außerordentlich vielen Oerter begangen werden, womit die Oberfläche der Erde gleichsam besäet ist. Merkwürdig ist die Geographie des Ptolemäus auch noch durch die ersten Gründe der Projections-Theorie, wonach geographische Charten verfertigt werden sollen.

Was man dem Ptolemäus an astrologischen Werken zugeschrieben hat, ist falsch; Betrüger mißbrauchten oft den hochgeehrten Namen, um ihre träumerischen Machwerke an den Mann zu bringen. Ehrgeitzig war Ptolemäus allerdings, wie das von jeher manche große Männer waren. Denn welcher Mensch kann sich rühmen, von allen Schwächen frei zu seyn. Die Astronomen Olympiodorus und Theodorus von Mytilene berichteten (wie Bouillaud im Jahr 1668 in einem gedruckten Fragment erzählt), daß Ptolemäus in den Tempel des Serapis zu Kanopus eine in Marmor gegrabene Inschrift hatte hineinsetzen lassen, worin er die Hauptsätze seiner Astronomie erklärte, z. B. die Dauer des Jahres, die Eccentricitäten der Sonnen- und Mondsbahn, die Abmessungen der Epicyclen der Planeten ꝛc.

Zwar lieferte Theon von Alexandrien 395 Jahre nach Christi Geburt einen gelehrten Commentar über Ptolemäus

Almagest. Aber sonst traten nun auf lange Zeit dürre Jahre, eben so wie bei den übrigen Wissenschaften, auch bei der Sternkunde ein.

§. 319.

Die Zeitbestimmung des Tages über (wozu wir jetzt Räderuhren anwenden) war nicht der geringste Nutzen, den die Menschen von der Bewegung der Himmelskörper zogen. Welch' eine Verwirrung in den Geschäften des Lebens würde entstehen, wenn man den Tag nicht in gewisse Theile, z. B. in Stunden eintheilen könnte.

Was den Anfang des sogenannten bürgerlichen Tages (die ganze scheinbare tägliche Umdrehung der Sonne um die Erde) betrifft, so war dieser bei verschiedenen alten Völkern oft verschieden. Einige rechneten ihn vom Aufgange der Sonne an, wie die Babylonier, die Perser, Syrier, Damascener und die meisten orientalischen Völker; andere vom Untergange, wie die Athenienser und Hebräer; wieder andere von Mitternacht, wie die Aegyptier, die römischen Priester, die Mysier und noch andere westliche Völker; und endlich noch andere vom Mittage, wie die Umbrer und Hetrusker. Letztere Rechnungsweise führten nachher auch die meisten Astronomen ein. Jene Verschiedenheit des Tages-Anfangs lernten wir unter andern aus dem Plinius, Macrobius, Censorinus und Gellius kennen. Die Abtheilungen des Tages selbst bestanden in den allerältesten Zeiten blos in Morgen, Mittag, Abend und Mitternacht.

§. 320.

Als man bemerkt hatte, daß der Schatten von auf-

gerichteten Körpern vom Morgen bis an den Mittag nach einem gewissen Verhältniß an Länge abnahm, und vom Mittage bis an den Abend wieder eben so zunahm, so fand man hieran das erste eigentliche Zeitmaaß für den Tag. Man maß die Länge des Schattens mit Füßen und ordnete nach seiner verschiedenen Länge die Geschäfte des Tages. Von einem solchen Messen der Schatten-Länge und von der Eintheilung des Tages darnach, z. B. von zehnfüßigen Schatten, zwölffüßigen Schatten ꝛc. finden wir Beispiele in der alten biblischen Geschichte, in den Komödien des Aristophanes, im Lucian, im Plutarch, im Suidas ꝛc.

Wenn man den Schatteu von aufgerichteten Körpern, z. B. von Obelisken, von Pyramiden ꝛc. beobachtete, so mußte man auch folgende Erscheinung wahrnehmen: Der Schatten, wie er von Morgen bis Abend auf einer Fläche liegt, ist nicht blos in Hinsicht seiner Länge veränderlich, sondern auch in Hinsicht seiner Lage auf der Fläche; er durchstreicht von Morgen bis Abend einen gewissen Raum auf der Fläche, welcher in eine Anzahl gleicher Theile, in sogenannte Stunden, eingetheilt werden kann. Diese Beobachtung war es eigentlich, welche zu der Erfindung der Sonnenuhren (Schattenuhren, Gnomonen) Anlaß gaben. Phönizier und Aegyptier können diese Erfindungen an dem Schatten ihrer Obelisken und Pyramiden leicht gemacht haben.

§. 321.

Herodot ist der älteste Schriftsteller, welcher den Schattenzeiger und die zwölf Theile oder Stunden des Tages (nämlich des natürlichen Tages von Sonnen-Aufgang bis Sonnen-Untergang) erwähnt. Er sagt aber weiter nichts

darüber, als daß die Griechen beides von den Babyloniern gelernt haben. Den Schattenzeiger nennt er πόλος. Daß dieses Wort hier nichts anders bedeuten kann, beweist Martini (in seiner trefflichen Schrift über die Sonnenuhren der Alten). Der Zeiger selbst, dessen Schatten die Stunden angab, wurde γνώμον genannt.

Wenn man das Wort Hora (ὥρα) Stunde auch oft von ὁραώ, ich sehe, ableitet, weil man um eine gewisse Zeit des Tages (ὥρα) zu wissen, nach dem Schatten sehen mußte, so ist es doch wahrscheinlicher, daß es von Horus herkommt, welches bei den Aegyptiern soviel als Sol, die Sonne bedeudet. Davon hat denn auch der Schatten- oder Stundenzeiger den Namen Horologium (ὡπολόγιον) bekommen, welcher in der Folge von Uhren überhaupt gebraucht wurde. Bei den Babyloniern, Chaldäern, Hebräern und andern alten Völkern wurden schon Steine mit einem Zeiger und mit eingehauenen Stunden an öffentlichen Plätzen zur Belehrung des Volks aufgestellt. Solche Steine nannte man Schausteine oder Stundensteine.

§. 322.

Der chaldäische Astronom Berosus soll die erste Sonnenuhr und die Eintheilung des Tages in zwölf Stunden aus Asien nach Griechenland gebracht haben. Hier verbesserte Anaximander aus Miletus, etwa 600 Jahre vor Christi Geburt die Sonnenuhren zuerst; oder vielmehr erfand er neue Arten von Sonnenzeigern, die er mehr nach astronomischen Grundsätzen einrichtete. Das bezeugen unter andern Diogenes Laertius, Eusebius und Suidas. Mittelst der Sonnenuhr des Anaximanders konnte man auch

die Polhöhe einzelner Oerter bestimmen; zugleich waren auf ihr die Aequinoctien und Sonnenwenden angegeben.

Der Schüler und Mitbürger des Anaximanders, Anaximenes, vervollkommnete die Sonnenuhren noch mehr und erfand auch wieder neue Arten derselben. Plinius hält ihn sogar für den wahren Erfinder der Schattenlehre oder Gnomonik, die in der neuern Zeit auch wohl Sonnenuhrkunst genannt wurde. Indessen möchte dieser Ruhm doch wohl mehr seinem Lehrer Anaximander gebühren.

§. 323.

Der etwa 400 Jahre vor Christi Geburt lebende Astronom und Geometer Eudoxus brachte wieder andere noch künstlichere Sonnenuhren an Licht. Unter andern rühmt man diejenige von ihm, welche Arachne (Spinngewebe-Uhr) von der Aehnlichkeit ihrer krummen und geraden Linien mit einem Spinngewebe verglich. Diese Linien waren in einer kugelförmigen Aushöhlung gezeichnet. Apollonius ersann die köcherförmige Sonnenuhr oder Pharetra, welche mit einem Köcher Aehnlichkeit hatte. Auch dem Syrakuser Skopas schreibt man die Erfindung einer neuen Sonnenuhr zu, sowie Katyllus, Dionysiodor, Aristarch, Parmenion, Theodosius u. a. gleichfalls solche Gnomonen erfanden, die oft seltsame oder ungewöhnliche Gestalten hatten.

Alle nur etwas wichtige Städte Griechenlands erhielten nach und nach an ihren Mauern Sonnenzeiger. Auch die tragbaren sogenannten Sonnenringe nahmen damals ihren Ursprung. Einen solchen Sonnenring pflegte man durch

den Namen πόλος von den übrigen Sonnenuhren zu unterscheiden.

§. 324.

Rom erhielt erst 491 Jahre nach seiner Erbauung oder 263 Jahre vor Christi Geburt eine wirkliche öffentliche Sonnenuhr. Vorher hatte man sich blos mit den Obelisken beholfen, deren Schatten den Tag in gewisse Zeiträume theilte. Solche Obelisken, wie z. B. der, welchen Kaiser Augustus auf dem Campo Martio hatte aufrichten lassen, waren oft groß und prachtvoll. Jene Sonnenuhr hatte der Consul Man. Valerius Messala unter freiem Himmel neben der Rednerbühne aufrichten lassen. Da sie aber in Sicilien verfertigt war, so stimmten ihre Stundenlienien mit den Stunden zu Rom nicht genau überein. Deswegen stellte in der Folge der Censor Q. Marcius Philippus eine besser und zwar nach Roms Polhöhe eingerichtete Uhr daneben.

Daß bald auch andere Städte Italiens Sounenuhren erhielten und daß auch reiche Privatpersonen sich diese, allerdings noch kostspieligen Instrumente anschaften, lesen wir im Cicero, im Valerius Maximus, im Varro, im Lucian ꝛc. Sowohl bei den Römern, als auch bei den Griechen mußten Uhrknechte und Uhrmadchen von Zeit zu Zeit nach den öffentlichen Uhren sehen, und ihren Herrschaften die Stunde des Tages melden. Auch hatte man Stundenherolde, welche durch Abrufen der Stunden die Zeit, welche die öffentliche Sonnenuhr angab, mehreren Menschen laut verkündigen mußten. — Später sind die Sonnenuhren, welche auch nach andern Ländern hin verbreitet wurden, noch auf mancherlei Art verbessert worden. Die Wasseruhren

(§. 15.) schränkten ihren Gebrauch schon in ältern Zeiten ein; noch mehr thaten dies in der neuern Zeit die Räderuhren (§. 16 f.).

§. 325.

Nach **Ptolemäus** waren die ersten berühmten Astronomen erst wieder bei den **Arabern** zu finden. Diese Völker, deren Khalifen selbst oft die trefflichsten Sternkundigen waren, machten in der Astronomie viele äußerst wichtige Entdeckungen. Zahlreiche noch jetzt für manche Sterne und andere astronomische Gegenstände gebräuchliche **arabische Namen**, die sich mit dem arabischen Artikel **Al** anfangen, deuten schon auf die vielen Bereicherungen hin, welche diese Wissenschaft den Arabern verdankt.

Da die Araber die Zeit nach den Bewegungen des Mondes eintheilten, so waren ihre Monate abwechselnd 29 und 30 Tage lang. Dies machte für die Dauer des Mondenjahres 354 Tage aus. Der synodische Monat aber, oder die Dauer von jeder Mondumwälzung um die Erde, in Beziehung auf die Sonne, beträgt 29 Tage 44 Minuten 3 Sekunden. Deshalb war die Dauer des arabischen Mondenjahres um 8 Stunden 48 Minuten und 36 Sekunden kürzer, als die wahre Dauer von zwölf Mond-Umwälzungen in Beziehung auf die Sonne. Es kam darauf an, diesen Unterschied, um welchen der Mond hinter der Sonne zurückblieb, wegzuschaffen, damit die Lage der beiden Himmelskörper gehörig zusammenträfen. Deswegen fügte man zu der Periode von 354 Tagen von Zeit zu Zeit einen Tag hinzu.

§. 326.

Die Sonne zog gleich im Anfange die besondere Auf-

merksamkeit der Araber auf sich. Die arabischen Sternkundigen sahen bald ein, daß Ptolemäus die Schiefe der Ecliptik etwas zu groß angenommen hatte. Sie gaben sich daher alle Mühe, der Wahrheit näher zu kommen; und wirklich glückte es ihnen nach ohngefähr 700 Jahren die Schiefe der Ecliptik fast eben so genau zu bestimmen, als die besten neuern Astronomen es zu thun vermochten. Diese Bestimmung ist um so merkwürdiger, da jene alten Völker noch keine Fernröhre hatten.

Der 775 gestorbene Khalife Abou-Giafar, mit dem Beinamen Almansor oder der Siegreiche, war einer der besten arabischen Sternkundigen. Nach strenger Erfüllung seiner Regenten-Pflichten suchte er die Erholung von seinen Arbeiten in dem großen Gebiete der Astronomie. Fast alle seine Nachfolger hatten denselben Sinn für jene erhabene Wissenschaft. Vorzüglich berühmt aber wurde sein Enkel Harun, mit dem Beinamen Al Raschid, welcher im Jahr 809 mit Tode abging. Dieser hatte nicht blos herrliche astronomische Kenntnisse, sondern auch mechanische, was schon allein die künstliche in ganz Europa bewunderte Wasseruhr beweist (§. 14.), die er durch eine feierliche Gesandschaft an Kaiser Karl den Großen zum Geschenk überschickte.

§. 327.

Almamun, der zweite Sohn und Nachfolger des Harun, war ein sehr eifriger Beförderer der Wissenschaften, besonders der Astronomie. Er selbst stellte sehr interessante Beobachtungen am Himmel an, oder ließ sie von andern anstellen, wenn Regierungsgeschäfte ihm keine Zeit dazu ließen. Auf seinen Befehl wurden unter andern zu Bagdad und

Damaskus Beobachtungen über die Schiefe der Ecliptik gemacht. Man fand sie 23 Grade 35 Minuten groß. Dieses Resultat kam in der That der Wahrheit näher, als alle vorhergehenden der alten Astronomen. Auch ließ er in der Ebene Singiar einen Grad der Erde messen. Wie groß die Genauigkeit dieser Messung war, können wir nicht wissen, weil uns das dabei gebrauchte arabische Maaß nicht recht bekannt geworden ist.

Um das Studium der Astronomie zu befördern und diese Wissenschaft immer mehr auszubreiten, ließ Almamun (auch Maimon genannt) von den damaligen größten Sternkundigen ein astronomisches Werk (**Astronomia elabora a pluribus D. D. jussu Regis Maimon**) ausarbeiten. Dieses Manuscript existirt noch jetzt in mehreren Bibliotheken. Er starb im Jahr 833 zu Bagdad, und hinterließ den Ruhm eines trefflichen Regenten und sehr verdienstvollen Gelehrten.

§. 328.

Das neunte Jahrhundert hatte noch manche andere berühmte arabische Astronomen, wie z. B. Alfraganus, Thebit Ben Corrah und Albatenius. Der erstere, dessen eigentlicher Name Ahmed Ebn Cothair (aus Fergana) war, schrieb mit besonderer Benutzung des Ptolemäus, Elemente der Astronomie, die sehr berühmt und wiederhohlt, selbst noch im siebzehnten Jahrhundert, gedruckt wurden. Er verfaßte auch Schriften über die Sonnenuhren und über das Astrolabium, welche auf einigen Bibliotheken noch jetzt in Manuscript anzutreffen sind.

Von dem gleichzeitig lebenden Astronomen und Geometer Thebit ist eine Beobachtung der Schiefe der Ecliptik aufge-

zeichnet worden, die er zu 23 Graden 33 Minuten und 30 Sekunden fand. Er suchte die Bewegung der Sonne nicht auf die (beweglichen) Aequinoctialpunkte, sondern auf Fixsterne zurückzuführen; dadurch konnte er die Länge des Sternenjahres fast so genau, wie die neuern Astronomen bestimmen. Und doch hatte Thebit manche unrichtige Vorstellung von der Lage der Gestirne in Beziehung auf das feste Himmelsgewölbe. So glaubte er mit Hipparch und Ptolemäus, daß sie eine kleine Bewegung von Westen nach Osten hätten, daß sie aber nach Ablauf einer gewissen Zeit denselben Weg zurück beschrieben, dann wieder ihre erstere Richtung annähmen, um von neuem rückwärts zu gehen; und so fort. Das System von einer solchen ungleichförmigen Bewegung konnte sich natürlich nicht halten. Es wurde in der Folge von viel bessern verdrängt.

§. 329.

Viele, auf zahlreiche Beobachtungen gegründete astronomische Kenntnisse erhoben den Albatenius zu dem Range eines so großen Astronomen, daß er den Namen arabischer Ptolemäus erhielt. Eigentlich hieß er Mohamed Ben Dscheber (aus Baten in Mesopotamien); er war Stadthalter der Khalifen in Syrien.

Mehrere glückliche Resultate flossen aus den zu Aethiopien nnd zu Aracta in Mesopotamien angestellten Beobachtungen dieses thatigen und geschickten Mannes. So fand er unter andern, daß Ptolemäus die Bewegung der Fixsterne (§. 315.) zu langsam angenommen hatte, daß sie vielmehr, fast so, wie Hipparch angegeben hatte, einen Grad in

70 Jahren betrüge. — Nach den neuern Beobachtungen sind 72 Jahre für einen Grad angenommen worden.

§. 330.

Albatenius Untersuchungen über die Eccentricität der Sonne führten beinahe zu einem so genauen Resultate, wie die neuern Beobachtungen. Seine Berechnung der Länge des Jahres von 365 Tagen 5 Stunden 46 Minuten und 24 Sekunden weicht zwar um 2 Minuten von der wahren Länge ab. Neuere Astronomen, wie z. B. Halley haben aber gezeigt, daß dies von zu großem Vertrauen des arabischen Astronomen zu den Beobachtungen des Ptolemäus herrühre und daß er der Wahrheit gewiß viel näher gekommen wäre, wenn er sich mehr auf seine eignen Beobachtungen verlassen hätte.

Vor Albatenius hatte man das Apogäum der Sonne als unbeweglich angesehen; dieser ausgezeichnete Astronom aber zeigte, daß jener Punkt eine kleine Bewegung nach der Ordnung der Zeichen habe und daß diese Bewegung nur ein wenig größer sey, als die Bewegung der Fixsterne. Durch neuere Beobachtungen und namentlich durch die Theorie der allgemeinen Gravitation ist diese merkwürdige Erscheinung bewiesen worden.

§. 331.

Unser geschickte arabische Astronom hatte allerdings manche Unvollkommenheiten in der Theorie des Ptolemäus, namentlich in der Bewegungs-Theorie der Planeten, eingesehen. Sie so viel wie möglich zu verbessern, gab er sich sehr viele Mühe. Die von ihm entdeckte Bewegung des Sonnen-Apogäums ließ ihm vermuthen, daß in den Bewegungen der

übrigen Planeten ähnliche Ungleichheiten vorkommen möchten. Daß seine Vermuthung richtig war, bestätigten die neuern Astronomen.

Die Summe aller astronomischen Kenntnisse, womit Albatenius ausgerüstet war, setzte ihn in den Stand, neue Tafeln, an die Stelle der Ptolemäischen, zu bringen. Dadurch leistete er den Astronomen seiner Zeit und der unmittelbar darauf folgenden sehr große Dienste. In den spätern Zeiten mußten sie freilich verbessert und berichtigt werden. Uebrigens sind Albatenius Werke (de scientia stellarum) selbst noch im siebenzehnten Jahrhundert, und von neuern Astronomen, wie z. B. Regiomontan, vermehrt, im Druck erschienen.

§. 332.

Mehrere Jahrhunderte hindurch kultivirten und verbreiteten arabische Gelehrte die Sternkunde. Besonders theilten sie ihre Kenntnisse auch denjenigen Völkern mit, die nach und nach unter ihre Herrschaft kamen. So trieben sie z. B. in Spanien, wovon sie im achten Jahrhundert den größten Theil erobert hatten, ihre Wissenschaften mit demselben Eifer und demselben Erfolg, wie im Orient. Sie erbauten sogar Sternwarten in mehreren spanischen Städten. Und nicht wenige machten Spanien zu ihrem neuen Vaterlande.

Schon Hypparchus und Ptolemäus hatten die Größe der Sonnenbahn angegeben, und manches andere, was die Theorie der Sonne betraf. Der Araber Arsachel in Spanien gab ums Jahr 1020 eine einfachere und zugleich genauere Methode an, die Dimensionen der Sonnenbahn zu bestimmen. Derselbe soll auch schon in der Bewegung der

Sonne manche Ungleichheiten entdeckt haben, die durch neuere Beobachtungen und durch Newtons Theorie bestätigt wurden. Er entwarf auch eine Sammlnng von astromischen Tafeln, welche von Toledo, seinem Wohnorte, Tabulae Toledanae genannt wurden.

War ja auch zu Anfange des zwölften Jahrhunderts der Araber Alhazen in Spanien, der sich, wie wir längst (aus §. 148 f.) wissen, so viele Verdienste um die Optik erwarb und besonders manche dem Astronomen wichtige optische Erscheinung an den Himmelskörpern erklärte! So gab er (in seiner Optik) den ersten Versuch einer Theorie der Strahlenbrechung und der Dämmerung. So theilte er ein Verfahren mit, bestehend in Beobachtung der Declination eines Sterns beim Aufgange und nahe beim Zenith, um den Unterschied zu finden, den die Strahlenbrechung zwischen dem scheinbaren und wahren Orte hervorbringt; u. dgl. mehr.

§. 333,

In Aegypten hatte der Astronom Ibn Jonis unter dem Schutze des Khalifen Azir Ben Akim mehrere Observationen angestellt. Er zeichnete diese, nebst manchen Beobachtungen anderer Astronomen, in einem eignen Werke auf, das eine Geschichte des Himmels genannt werden könnte. So finden sich in diesem, als Manuscript in der Leydner Bibliothek noch vorhandenen Werke 28 Beobachtungen von Sonnen- und Mondfinsternissen, die in den Jahren 829 bis 1044 von arabischen Astronomen angestellt wurden; 7 Beobachtungen der Nachtgleichen von den Jahren 830 bis 851; und eine Beobachtung des Sommersolstitiums vom Jahr 832. Drei in der Nähe von Kairo in den Jah-

ren 977 bis 979 beobachtete Finsternisse zeigten, daß die mittlere Bewegung des Mondes einer kleinen Beschleunigung unterworfen war.

Das französische National-Institut ließ dieses Manuscript nach Paris kommen und sorgfältige Untersuchungen damit vornehmen, in der Hoffnung, auch über die Instrumente der Araber und ihre Beobachtungsart Aufklärungen darin zu finden. Aber diese Hoffnung schlug fehl. — Uebrigens hatte Ibn Jonis auch astronomische Tafeln verfertigt, welche im Orient lange Zeit gebraucht wurden.

§. 334.

Die alten Perser hatten gleichfalls manche ausgezeichnete Astronomen. So gaben sie sich unter andern viele Mühe, die Länge des Sonnenjahres zu bestimmen. Sie setzten die Dauer dieses Jahres zu 365 Tagen 6 Stunden fest; die 6 Stunden aber ließen sie als Bruch wegfallen und schalteten dafür alle 120 Jahre einen Monat von 30 Tagen ein. Sie nahmen den 13ten Einschaltungs-Monat nach und nach als den ersten, dann als den zweiten des Jahres, hierauf als den dritten u. s. w. an. So kam er durch das ganze Jahr herum und gab zu verschiedenen religiösen Ceremonien Anlaß. Als die Perser den Arabern unterworfen wurden, da führten auch sie die arabische Jahres-Eintheilung nach Mond-Umläufen ein.

Die Perser erlangten aber nachher ihre Freiheit wieder; und als dies geschehen war, da nahmen sie auch, und zwar im Jahr 1079, ihre alte Methode wieder an. Der persische Astronom Omar Chejan war es hauptsächlich, welcher den Kalender seiner Nation zu berichtigen suchte. Dieser Ka-

lender war auf die Voraussetzung einer etwa um 11 Minuten zu großen Jahres-Länge gegründet. Omar Chejan schlug daher vor, siebenmal nach einander einen Tag alle vier Jahre und dann erst einen Tag im fünften Jahre hinzuzufügen. Diesen Vorschlag nahm man an, weil das dadurch aufgestellte System der Wahrheit sehr nahe kam.

§. 335.

Mehrere persische Kaiser beschützten die Sternkunde sehr lebhaft. Sie waren auf die Kenntnisse in dieser Wissenschaft auch sehr stolz und geheimnißvoll. Ohne ausdrückliche Erlaubniß des Kaisers durfte den Ausländern nichts von ihren Kenntnissen mitgetheilt werden. Indessen glückte es doch manchen Ausländern, z. B. Griechen, einige nicht unbedeutende Entdeckungen persischer Astronomen in ihr Vaterland zurückzubringen.

Hulaku Ilecu Can, gewöhnlich Hulaku Ilekan genannt, ließ im dreizehnten Jahrhundert in der Stadt Maragha, ohnweit Tauris, eine Sternwarte bauen, und darauf eine Menge Astronomen unter der Aufsicht des berühmten Geometers Nassar Eddin anstellen. Die Anstalt wurde sehr blühend, und Nassar Eddin selbst schrieb mehrere astronomische Werke, z. B. eine Theorie von der Bewegung der Himmelskörper, eine Abhandlung vom Astrolabium, und astronomische Tabellen. Letztere wurden dem Hulaku Ilekan zu Ehren Ilekanische Tafeln genannt.

§. 336.

Der berühmte rartarische Fürst Ulugh Beigh, ein Enkel Tamerlans, welcher vor der Mitte des fünfzehnten Jahrhunderts lebte, übertraf als Kenner und Beförderer der

Astronomie (und anderer Wissenschaften) die Vorhergehenden noch weit. Er stiftete in seiner Hauptstadt Samarkand eine berühmte astronomische Gesellschaft und zu dem Gebrauch derselben ließ er die größten und vollkommensten Instrumente verfertigen, die man bis dahin gesehen hatte. Er selbst gab sich mit allen astronomischen Arbeiten ab, und beobachtete auf das fleißigste den Himmel.

Mittelst eines großen schönen Gnomons (nicht eines ungeheuer großen Quadranten, wie man oft fälschlich behauptete) bestimmte der gelehrte Fürst die Breite von Samarkand zu 29 Graden 37 Minuten; sowie die Schiefe der Ecliptik zu 23 Graden 30 Minuten 20 Sekunden. Da die letztere Größe das Resultat der neuern Beobachtungen ohngefähr um 2 Minuten übertrifft, so veranlaßte dies den Gedanken, daß die Schiefe der Ecliptik im Abnehmen sey.

§. 337.

Unter den mancherlei Werken, welche Ulugh Beigh hinterließ, und die auch wir noch theils gedruckt, theils in Manuscript besitzen, sind die astronomischen Tafeln und ein Fixstern-Verzeichniß die vornehmsten. Eine gute Ausgabe der Tafeln verdanken wir dem Engländer Hyde vom Jahr 1665. Der tugendhafte und talentvolle Fürst, den die ganze Welt ehrte, wurde leider! von seinem eignen Sohne, als er 58 Jahre alt war, ermordet.

Die Unruhen, welche damals Persien zu zerrütten angefangen hatten und welche dieses Land bald auf mannigfaltige Art zerstörten, brachten auch die Wissenschaften darin sehr zurück. Die Gelehrten verschwanden bald, und namentlich ging auch die Astronomie ganz zu Grunde. Wenn man

den jetzigen wissenschaftlichen Zustand dieses Landes betrachtet, so sollte man kaum glauben, daß jene glänzende Epoche des Ulugh Beigh je existirt habe. Ist es ja bei andern berühmten alten Völkern eben so hergegangen!

§. 338.

Kriege, Zerstückelung von Ländern, die damit verbundene Zerstörung von wissenschaftlichen Instituten und Vertreibung von Gelehrten brachten in Europa auf lange Zeit auch die Sternkunde zurück. Kaiser Karl der Große nahm sich zuerst der Wissenschaften, namentlich auch der Astronomie wieder an. Viel darin konnte man freilich von einem Eroberer in einem barbarischen Jahrhundert nicht erwarten.

Indessen war es, um die Astronomie wieder zu beleben, allerdings schon ein rühmlicher Schritt, daß man die astronomischen Anfangsgründe von Alfragan übersetzte. Aus dem Almagest des Ptolemäus, den man nicht aufhörte zu schätzen, und den Commentaren der Araber über dieses Werk machte der Engländer Johann von Sacrobosco einen Auszug. Durch solche hervorgerufene Lichtstrahlen in der vortrefflichen Wissenschaft konnte diese nicht ganz versinken.

§. 339.

Viel mehr für die Sterkunde that Alphonsus der Zehnte, König von Castilien, mit dem Beinamen der Weise. Dieser unvergeßliche Mann studirte nicht blos die Alten, sondern suchte es noch besser zu machen wie diese; er spürte ihren Fehlern nach, und gab sich viele Mühe, Alles, was die Alten an's Licht gebracht hatten, noch zu vervollkommnen. Noch bei seines Vaters Lebzeiten faßte er den Entschluß, neue astronomische Tafeln zu entwerfen,

weil die Ptolemäischen immer mangelhafter wurden. Er versammelte daher zu Toledo um's Jahr 1240 alle berühmte Astronomen um sich herum, Christen, Juden und Mauren. Er selbst hatte bei den Arbeiten dieser Männer den Vorsitz. So kamen denn wirklich im Jahr 1282 jene Tafeln zum Vorschein, die ihm einen Aufwand von 40,000 Dukaten verursacht haben sollen.

Der vornehmste Inhalt dieser alphonsinischen Tafeln wird dem jüdischen Rabbi Isaac Aben Sid zugeschrieben. Es liegt bei ihnen das Ptolemäische Weltsystem zu Grunde; und überhaupt scheinen die gelehrten Männer in jener Versammlung bei der Abfassung derselben mehr bekannte Theorien, als eigne Beobachtungen benützt zu haben. Und doch soll Alphonsus (welcher 1284 im 81sten Jahre seines Lebens starb) mit der gottlosen Aeußerung hervorgetreten seyn, die Welt würde eine weit bessere Einrichtung haben, wenn Gott ihn bei Erschaffung derselben um Rath gefragt hätte.

§. 340.

Albert der Große, Bischof zu Regensburg, und Roger Bako, Doctor zu Augsburg, zeichneten sich gleichfalls im dreizehnten Jahrhundert als geschickte Astronomen aus. Wenn auch der erstere aus eignem Geiste nichts Neues hervorbrachte, so suchte er doch durch Schriften die vorhandenen Kenntnisse mehr zu verbreiten. Das Beste, was der 1292 gestorbene Bako schrieb, schlug freilich mehr in die Optik ein (§. 153 f.); indessen hat er doch auch eigentliche Gegenstände der Astronomie mehr zu erläutern oder zu erweitern gesucht. Unter andern bemerkte er,

daß seit der Julianischen Kalender-Verbesserung die Aequinoctial- und Solstitialpunkte um 9 Tage (nach der Zeit, wo Ptolemäus sie beobachtet hatte) zu früh kämen; und daraus schloß er, daß in 125 Jahren ein Vorrücken von einem Tage mit ihnen statt fände. Weil dem wahren Sonnenjahre 11 Minuten fehlten, so fing es alle Jahre 11 Minuten vor dem bürgerlichen Jahre an. Auf solche und ähnliche Unvollkommenheiten in dem Kalenderwesen machte Bako aufmerksam.

§. 341.

Das vierzehnte Jahrhundert war für die Astronomie in Europa wenig bemerkenswerth; das fünfzehnte Jahrhundert war es desto mehr. Was in jenem Jahrhundert der Florentiner Johannes Bocatius in der Astronomie leistete, war von keiner Bedeutung, obgleich man ihn einen berühmten Sternkundigen nannte. Der Cremoneser Gerhard übersetzte im Jahr 1346 Ptolemäus astronomisches Lehrbuch aus dem Arabischen. Und so hörte man bis zu Anfange des fünfzehnten Jahrhunderts blos von Elementen der Astronomie.

Aber nun trat ein vortrefflicher Deutscher auf, der in der Sternkunde (wie in andern mathematischen Disciplinen, Abtheil. I.) hoch berühmt wurde, weil er diese Wissenschaft wirklich mit manchen Entdeckungen bereicherte. Georg Peurbach (gewöhnlich Purbach genannt), geboren 1423 zu Peurbach, einer kleinen Stadt auf der österreichisch-baierschen Gränze, widmete sich zu Wien mit größtem Eifer der Sternkunde, nachdem er schon zu Ferrara, Bologna und Padua Vorlesungen gehalten hatte. Er lieferte einen Auszug aus dem Almagest des Ptolemäus, und dann entwarf er tri-

gonometrische und astronomische Tafeln; mitunter verfertigte er auch astronomische Instrumente. Sein wichtigstes Werk aber enthielt seine Planeten-Theorien. In diesem Werke suchte er den Ptolemäus und die Astronomie des Alphonsus zu verbessern. Schade! daß er auch wieder manches Falsche mit Wahrem vermischte.

§. 342.

Er nahm nämlich die vom Ptolemäus verworfene Meinung von der Festigkeit oder eigenthümlichen Unbeweglichkeit der Himmelskörper wieder an, indem er sie in erdichtete Kreise setzte, die sich, sammt den gleichsam daran gehefteten Himmelskörpern, um einen erdichteten Punkt bewegten. So wäre also nach ihm der ganze Himmel eine große Ringkugel mit vielen Kreisen, die sich, mit gehörigem Spielraum, einer um den andern bewegte, und an den Ringen wären die Himmelskörper selbst befestigt.

Wenn Peurbach mittelst eines solchen Himmels die Erscheinungen eben so gut, wie Ptolemäus bei seinen frei umlaufenden Himmelskörpern erklären konnte, so war die ganze Hypothese doch zu erzwungen und ungereimt, als daß sie sich lange hätte halten können. Vielleicht wäre Peurbach noch selbst davon zurückgekommen, wenn ihn nicht der Tod zu früh auf seiner wissenschaftlichen Laufbahn, im 38sten Jahre seines Alters, übereilt hätte.

§. 343.

Sein Schüler Johann Regiomontan (eigentlich Johann Müller, geboren 1436 zu Königsberg in Franken) trat in Peurbachs Fußstapfen. Auch dieser vortreffliche Mann suchte die Astronomie auf mannigfaltige Art weiter zu

bringen, theils durch mündlichen, theils durch schriftlichen Unterricht. Unter andern schrieb er zuerst astronomische Ephemeriden, worin er den Ort und die Aspekten der Planeten, sowie den Zustand des Himmels überhaupt auf 30 Jahre bestimmte. Auch zeigte er darin die Tage an, wo, nach dem Gebrauch der Kirche und den Schlüssen der Kirchenväter, Ostern gefeiert werden sollte.

Schon mit seinem Lehrer Peurbach hatte Regiomontan astronomische Werkzeuge untersucht, welche von alten Sternkundigen gebraucht worden waren. Beide Männer gaben sich viele Mühe, neue bessere an ihre Stelle zu setzen. Peurbach zeigte seinem Schüler auch, daß Vieles in der Astronomie noch genauer zu untersuchen sey, wie z. B. die Stellung der Cardinalpunkte in der Ecliptik, die Lage der Fixsterne, vornehmlich der Zodiakal-Sterne, womit man die Planeten vergleicht, u. dgl. Indem beide einmal den Mars mit den Fixsternen verglichen, so fanden sie jenen Planeten 2 Grade weit von derjenigen Stellung, welche die Tafeln angaben. Eben daraus schlossen sie auf eine Unvollkommenheit der alten Theorien. Uebrigens sind uns von denjenigen Beobachtungen, welche beide Astronomen vereint angestellt haben, nur noch drei Mondfinsternisse von den Jahren 1457 und 1460 übrig.

§. 344.

Wenn man aus Sternen-Verzeichnissen die Lage eines Sterns am Himmel kennt, und aus Sonnentafeln den Ort der Sonne, so kann man immer ihre gegenseitige Entfernung, auf dem Aequator gemessen, berechnen. Peurbach und Regiomontan erfanden diese, in der neuern Astronomie noch immer gebräuchliche Methode, welche dazu dient, die

wahre Tages-Zeit zu finden und die Pendeluhren zu reguliren. Peurbach war damals 34, Regiomontan 21 Jahre alt.

Regiomontan beobachtete im Jahr 1472 den ersten Kometen, welcher überhaupt in Europa beobachtet worden ist. Er schrieb eine Abhandlung darüber, worin er unter andern zu zeigen suchte, wie man die Größe und Entfernung der Kometen aus seiner Parallaxe finden könne. Er sah sie daher als Weltkörper und nicht mehr als blos vorübergehende, Schrecken verkündende Luft-Erscheinungen an.

§. 345.

Im Jahr 1471 hatte Regiomontan zu Nürnberg an einem reichen jungen Bürger, Bernhard Walther, einen eifrigen Verehrer der Astronomie gefunden. Dieser Walther besorgte, gleichsam mit fürstlichem Aufwande, die Kosten zu vielen astronomischen Instrumenten; sogar eine eigne Buchdruckerei legte er in seinem Hause an. Dafür bildete ihn Regiomontan zu einem vorzüglichen Astronomen, der die Ehre hatte, mit Hülfe seines ansehnlichen astronomischen Apparats, wie er vorher wohl nie in Europa existirte, die Sternkunde auf einen viel höhern Standpunkt zu erheben.

Im Jahr 1475 reiste Regiomontan nach Rom, wohin ihn Pabst Sixtus IV. wegen einer vorzunehmenden Kalender-Verbesserung mit großen sehr ehrenvollen Versprechungen und mit Ertheilung der Würde eines Bischofs von Regensburg, berufen ließ. Er wurde auch in Rom mit dem größten Beifall aufgenommen; aber schon im folgenden Jahre starb er, noch nicht 40 Jahr alt.

§. 346.

Der im Jahr 1430 zu Nürnberg geborne, 1504 gestorbene Bernhard Walther hatte Regiomontan's Bücher, Manuscripte und Alles zur Astronomie gehörige gekauft, was dieser sein Freund hinterlassen hatte. Aus des Verewigten Papieren machte Walther ein großes Geheimniß, was ihm bei Vielen zu einem großen Vorwurf gereichte. Dem sey auch wie ihm wolle, und Walther möge auch seines verstorbenen Freundes Papiere benutzt haben, wie er wolle, so ist doch so viel gewiß, daß ihm die Astronomie ausnehmend viel verdankte.

So erdachte Walther eine neue Methode, den Ort der Planeten am Himmel zu bestimmen, und zwar durch Beobachtung der Entfernung irgend eines Planeten von zwei Sternen, mit Beihülfe trigonometrischer Rechnungen. Diese Methode wurde von den Astronomen bis zu Ende des siebzehnten Jahrhunderts angewendet. So war Walther der erste, welcher sich vom Jahr 1484 an der Räderuhren zu seinen astronomischen Beobachtungen bediente. So bemerkte er unter den Neuern auch zuerst die Wirkungen der Refraction (§. 208 f.) und zwar, wie er behauptet, ohne etwas von Alhazen's und Vitellio's Entdeckungen darüber gewußt zu haben.

Unter den mancherlei Instrumenten des Walthers und Regiomontans war das sogenannte Torquetum am berühmtesten. Es war sehr zusammengesetzt und faßte für sich allein den ganzen Gebrauch der Armillen in sich.

§. 347.

Vor Kopernikus, etwa vom Ende des vierzehnten

Jahrhunderts an bis zu Anfange des sechszehnten, gab es außer Peurbach, Regiomontan und Walther noch mehrere geschickte Astronomen, die vielen Ruhm verdienten, wenn sie auch gerade nicht den höchsten Rang in der Sternkunde einnahmen. Dahin kann man rechnen: den um das Jahr 1360 lebenden Mönch Isaak Argyr, welcher eine Abhandlung über Sonnen- und Mondscyclen und über die Methode schrieb, die Zeit des Osterfestes zu bestimmen; den 1397 zu Wien gestorbenen Heinrich von Hessen, der eine Planeten-Theorie und einige andere gelehrte Werke schrieb; den durch sein Planetarium berühmten Johann de Dondis zu Padua; den 1442 zu Wien gestorbenen, durch mehrere astronomische Tafeln und andere astronomische Schriften bekannten Johann von Gmünden; den 1464 gestorbenen berühmten Kardinal Nicolaus Cusa, welcher unter andern über die Verbesserung des Kalenders schrieb; den um's Jahr 1458 zu Bologna lebenden Johann Bianchini, welcher neue Tabellen von den Bewegungen der Himmelskörper verfertigte; den 1452 in Schwaben gebornen Joh. Stöffler, welcher in Tübingen Astronomie docirte, Ephemeriden, astronomische Tafeln und noch einige andere astronomische Schriften herausgab; den im Jahr 1468 zu Nürnberg gebornen Johann Werner, welcher ein guter Observator war; den 1483 zu Verona gebornen Hieronymus Fracastor und einige andere.

Fracastor, der in manchen Stücken dem Kopernikus vorarbeitete, wollte unter andern Erneuerer desjenigen Systems seyn, welches die excentrischen Kreise verbannte und alle Bewegungen der Planeten durch kreisförmige und con-

centrische Bahnen erklärte. Freilich glaubte er noch, die Planeten würden durch Sphären bewegt, und zwar wegen ihres Stillstehens und Rückwärtsgehens. Er wußte aber doch, mit Hülfe einer guten Logik, manche Unnatürlichkeiten seines Systems zu verstecken.

§. 348.

Jetzt kam die Zeit, wo Nicolaus Kopernikus durch sein unvergängliches Weltsystem der Astronomie eine ganz andere Gestalt gab. Dieser unsterbliche Mann, den 19ten Februar 1472 zu Thorn in Preußen geboren, wurde durch Regiomontans Ruf für die Astronomie so begeistert, daß er sich vornahm, ihm wo möglich gleich zu kommen. Daß er ihn noch übertreffen würde, ahnte er wohl nicht. Er reiste in seinem 23sten Jahre nach Italien und blieb in Bologna, um den Dominikus Maria zu hören, der daselbst mit großem Beifalle die Astronomie lehrte. Kopernikus half seinem Lehrer beim Beobachten. Er ging hierauf nach Rom und docirte in dieser Stadt selbst Mathematik. Später nach Deutschland zurückgekehrt, erhielt er ein Kanonikat und konnte nun, vom Jahr 1507 an, in seinem Wohnorte Frauenberg, ganz dem Studium der Sternkunde sich widmen.

Er ging besonders die verschiedenen Planetensysteme durch, welche die Astronomen vor ihm aufgestellt hatten; und da war ihm namentlich das System des Ptolemäus sehr anstößig. Er fand in diesem Systeme eine Künstelei, Verwirrung und Dunkelheit, die er mit der Einfachheit und weisen Einrichtung der gewöhnlichen Naturgesetze nicht vereinigen konnte. Er wußte, daß die Pythagoräer die Umläufe in der Ecliptik von der Sonne auf die Erde übergetragen, und daß an=

dere alte Philosophen, um die Folge der Tage und Nächte zu erklären, der Erde eine Umdrehung um ihre Axe beigelegt hatten; diese Hypothesen fand er sehr vernünftig. Deswegen nahm auch er sie an; aber er brachte sie auf einen noch höhern Standpunkt.

§. 349.

Nach Kopernikus Weltsysteme bewegen sich um die Sonne zuerst Merkur, dann Venus, hierauf die Erde, dann Mars, hierauf Jupiter und zuletzt Saturn. Den Mond ließ er seine Bewegung um die Erde beibehalten. Dieses System war so einfach, so befriedigend, es ließen sich daraus alle Erscheinungen, z. B. unsere Jahreszeiten, die rechtläufige Bewegung der Planeten, ihr Stillstehen, ihre rückläufige Bewegung rc. so leicht und schön erklären, daß man wohl mit Verwunderung fragen kann, warum nicht schon längst andere geistvolle Männer ein solches System mögen aufgestellt haben? Es ist wohl möglich, daß dies geschehen wäre, wenn nicht übel verstandener Religions-Eifer in der Bibel Stellen gefunden hätte, die mit einem solchen Systeme unvereinbar gehalten wurden. Was kann nicht veraltetes Vorurtheil, verbunden mit Aberglauben, in einem Zeitalter thun, wo den Geist der meisten Menschen noch ein so dunkler Nebel umhüllte!

Recht schön erklärte sich Kopernikus auch über die kugelförmige Gestalt der Himmelskörper und über die sphärische Gestalt der Welt überhaupt. Die kugelförmige Gestalt, sagt er, schließt bei einer gegebenen Oberfläche den größten Raum ein, ist zugleich am geschicktesten, sich zu erhalten, bewegt sich am gleichförmigsten und ist daher unter allen die

vollkommenste, welche der Schöpfer unserer Erde, der Sonne, dem Monde und den Planeten geben konnte. Auch über die Schwere, wodurch die kugelförmige Gestalt von Körpern erzeugt werden konnte, äußerte er sich philosophisch und klar. Besonders deutlich machte er die Erscheinungen, welche zum Vorschein kamen, wenn der Mond um die Erde und zugleich die Erde um die Sonne, sowie auch die übrigen Planeten um die Sonne sich bewegen. Das that er im Jahr 1507 als er 34 Jahre alt war.

§. 350.

Vor der öffentlichen Mittheilung seines Systems hatte Kopernikus alle Meinungen der ältern Astronomen geprüft, um den Grund zu einer physischen Astronomie desto gewissenhafter legen zu können. Da er durch Aufstellung des neuen Systems die Hypothesen des Ptolemäus und Alphonsus zerstört hatte, so wurden auch die Tabellen dieser Astronomen unbrauchbar. Man kann leicht denken, daß er vor der gänzlichen Feststellung seines Systems gute Beobachtungen an den Himmelskörpern machen mußte. Dazu gebrauchte er manche ältere Quadranten und andere Winkelmesser, parallaktische Liniale ꝛc., Instrumente, die ihm hinreichten, wenn ihnen auch noch manches an der gewünschten Vollkommenheit abging. Die Beobachtung des Merkurs machte ihm die meisten Schwierigkeiten.

Kopernikus schrieb neue Elemente der Astronomie, die sich auf sein neues System gründeten. Sein Werk von den Umdrehungen der Himmelskörper vollendete er im Jahr 1530; es kam aber erst im Jahr 1543 und zwar durch Besorgung seines Schülers Rheticus zu Nürnberg heraus, in

demselben Jahre, wo unser große Mann, 70 Jahre alt, mit Tode abging.

§. 351.

Ein eben so großer Astronom, dessen Name gleichfalls unsterblich ist, nur in gewisser Hinsicht von anderer Art, als Kopernikus, war Tycho de Brahe. Kopernikus war mehr philosophischer Gesetzgeber der Astronomie; Tycho mehr guter praktischer Beobachter. Den 13ten December 1546 zu Kundstorp in der schwedischen Provinz Schonen von vornehmen Eltern geboren, hatte Tycho viele Gelegenheit, seinen Geist auszubilden. In seinem 14ten Jahre, wo er 1560 zu Kopenhagen Sprachen und Philosophie studirte, stimmte ihn der Anblick einer Sonnenfinsterniß mit Begeisterung für das Studium der Sternkunde. Er fing sogleich an, einige astronomische Schriften zu studiren, und drei Jahre später, im Jahr 1563, wo er in Leipzig seine Studien fortsetzte, hatte er sich schon durch Hülfe eines (schlechten) Globus mit den Sternbildern, mit dem Lauf der Planeten, mit den alphonsinischen und kopernikanischen Tafeln u. dgl. bekannt gemacht. Mit Hülfe von Winkelmessern beobachtete er des Nachts aus den Fenstern seines Zimmers die Sterne, während sein Hofmeister schlief. Er fand dabei leicht die Fehler seiner Winkelmesser und anderer Instrumente, und gab sich alle Mühe, diese Fehler zu verbessern; und namentlich dieser Vervollkommnung der astronomischen Werkzeuge verdankte die Sternkunde gar viele Berichtungen und Bereicherungen.

§. 352.

Nur allein der Versuch des Tycho, das vortreffliche System des Kopernikus wieder umzustürzen, setzte seinen

Rang, als Astronom, der ihn gebührte, in den Augen seiner vernünftigern Zeitgenossen und der nachfolgenden Generation herab. Es ist möglich, daß der große Astronom seine Einsichten und vielleicht auch seine innere Ueberzeugung abergläubischen Rücksichten aufgeopfert hat; oder auch, daß seine schönen Kenntnisse mit Irrthümern untermengt waren, die ihn von der Bahn der Wahrheit abführten.

Ganz annehmen konnte Tycho das Weltsystem des Ptolemäus freilich nicht. Er suchte es daher auf folgende Art zu modificiren: Der Erde ließ er die von ältern Astronomen behauptete Unbeweglichkeit. Um die Erde mußte zuerst der Mond sich bewegen und dann die Sonne; um die Sonne aber mußten sich die Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn drehen, die also von der Sonne mit um die Erde herum geführt wurden. — So erklärte er, nach seiner Meinung, die Erscheinungen an den himmlichen Körpern auf eine genügende Weise. Gründe lassen freilich vermuthen, er selbst habe gefühlt, daß sein System, eben so sehr, als das Ptolemäische, den Gesetzen der Mechanik zuwider lief. — Der Hauptruhm des Tycho bestand freilich besonders darin, daß er ein guter Beobachter war, und daß er die Grundlagen zu neuen astronomischen Tafeln legte oder befestigte.

§. 353.

Ungleichheiten in der Bewegung des Mondes gab es verschiedene. Die sogenannte Mittelpunktsgleichung wurde schon von Hipparch entdeckt; die sogenannte Evection von Ptolemäus; Tycho entdeckte noch die Variation und die Jahresgleichung.

Die Variation ist eine abwechselnde Abnahme und

Zunahme der Bewegungen, welche von der Lage des Mondes in Beziehung auf die Syzygien oder auf die Linie beruht, welche die Mittelpunkte der Sonne, der Erde und des Mondes vereinigt, wenn diese drei Himmelkörper in der Conjunction oder Opposition sich befinden. Wenn man etwa vom Punkte der Conjunction ausging (wo der Mond zwischen der Erde und der Sonne in gerader Linie steht), so wurde die Geschwindigkeit des Mondes bis zum ersten Viertel vermindert; aber vom ersten Viertel bis zur Opposition (wo die Erde zwischen der Sonne und dem Monde in gerader Linie steht) nahm sie zu; im dritten Viertheile des Umlaufes nahm sie wieder ab; im vierten wuchs sie wieder; und so fort.

§. 354.

Die Jahresgleichung rührte von einer Ungleichheit her, welche in der Dauer der Monden-Monate nach den verschiedenen Jahreszeiten statt findet. Tycho bemerkte, daß die periodischen Umläufe nur in einerlei Jahreszeit von gleicher Dauer waren, von einer Jahreszeit zur andern aber abnahmen oder zunahmen. Die längsten ereignen sich in den Monaten December und Januar; die kürzesten in den Monaten Junius und Julius. Hieraus ergaben sich in der Theorie der Mond-Bewegung drei kleine Gleichungen, welche der Mittelpunktsgleichung der Sonne proportional sind: eine für die Bewegung des Mondes in seiner Bahn; die zweite für die Bewegung eines Apogäums; und die dritte für die Bewegung der Knoten der Mondsbahn.

Später wurden in der Monds-Bewegung noch andere Ungleichheiten wahrgenommen, die man heutiges Tages mit

in die astronomischen Rechnungen bringt, wenn man den Zustand des Himmels mit möglichster Genauigkeit erforschen will.

§. 355.

Noch viele andere Entdeckungen und Berichtigungen machte Tycho. So bestimmte er mit vorzüglicher Sorgfalt und Genauigkeit die größte und kleinste Neigung der Mondsbahn gegen die Ebene der Ecliptik; und dieselbe Untersuchung dehnte er bald auch auf andere Planeten aus.

Man hatte ferner längst gewußt, daß die Atmosphäre unserer Erde, welche sich meilenweit über ihre Oberfläche erstreckt, die von den Himmelskörpern hindurchdringenden Strahlen nicht in derselben Richtung bis auf die Oberfläche fortpflanzen läßt, daß diese Strahlen vielmehr gebrochen werden, und daß dadurch die Himmelskörper eine andere Gestalt, sowie eine andere Gesichtslinie erhalten. Tycho fühlte zuerst die Nothwendigkeit, diese astronomische Strahlenbrechung mit in den Calcul zu bringen, wenn von Genauigkeit die Rede seyn sollte. Indessen waren damals die Gesetze der Strahlenbrechung (§. 209 f.) noch nicht bekannt; und so konnten auch Tychos Bestimmungen noch nicht die möglichst richtigsten seyn.

§. 356.

Als Tycho seine Aufmerksamkeit auf die Kometen wendete, da nahm er auch an, daß diese sonderbaren Himmelskörper feste Körper, wie die Planeten seyen, und daß sie eben so, wie diese, um die Sonne sich bewegten. Den Kometen vom Jahr 1577 bemerkte Tycho am 13ten November Abends; und er sah ihn bis zu Ende des Januars 1578. Genau beobachtete er ihn, um die Richtung seines

Weges in Beziehung auf die Ecliptik zu bestimmen; auch untersuchte er, in welchen Punkten und unter welchem Winkel dieser Weg die jährliche Bahn schnitt. Die Parallaxe dieses Kometen fand er 20 Minuten, etwa ein Drittheil von der Monds-Parallaxe. Und so zeigte er, daß der Komet an dem Tage, wo diese Parallaxe beobachtet wurde, ohngefähr dreimal weiter, als der Mond von uns entfernt gewesen sey.

Da Tycho bemerkte, daß die Kometen weit über der Region des Mondes hinaus lagen, so ergab sich ihm schon daraus, daß sie nicht aus irdischen Dünsten u. dgl. bestehen konnten. Aber aus Dünsten anderer Planeten könnten sie, wie er meint, wohl erzeugt werden. Er nahm an, daß jeder Komet in der Region der Planeten gebildet würde; es wären gleichsam falsche Planeten, die bald eine Zerstörung erlitten und daher nicht lange sichtbar blieben.

§. 357.

Viel Aufsehen erregte im Jahr 1572 ein großer sehr glänzender Stern, welcher auf einmal im Sternbilde der Cassiopea erschien. Tycho bemerkte ihn mit Erstaunen Abends den 11ten November. Er zog seine und aller Astronomen Aufmerksamkeit auf sich, die nicht wußten, was sie aus dieser plötzlichen Erscheinung machen sollten. Am 7ten November hatte man ihn in Wittenberg und in Augsburg zuerst bemerkt. Tycho fand ihn fast eben so glänzend als die Venus, wenn sie nahe am Horizonte steht; andere fanden ihn noch heller und größer. Wer ein gutes Gesicht hatte, sah ihn sogar des Tages über.

So blieb der Wunderstern einige Wochen hindurch. Dann nahm er stufenweise an Größe immer ab. Nachdem man

ihn 17 Monate immer kleiner und kleiner gesehen hatte, so verschwand er im März 1574 gänzlich. Hätte man schon Fernröhre gehabt, so würde man ihn wahrscheinlich viel länger wahrgenommen haben.

Tycho beobachtete sehr genau die Veränderung seiner Größe und seiner Farbe, welche er während seiner Erscheinung erlitt. Anfangs zeigte er ein glänzendes Weiß; später wurde er röthlich gelb, wie Mars; hierauf ging er in ein bleiches Weiß, wie Saturn, über; und so blieb er bis zu seinem Verschwinden. Uebrigens funkelte er, wie die gewöhnlichen Fixste. Tycho beschrieb ihn 1573 genau in einer eignen Abhandlung (**Contemplatio stellae novae etc.**)

§. 358.

Schon früher hatte man ähnliche Wundersterne am Himmel plötzlich erscheinen und wieder verschwinden gesehen. Und auch nach Tycho sind ähnliche Phänomene vorgekommen. So erzählt Ovid, daß ein Stern in den Plejaden verdunkelt worden wäre. Und so sagt Plinius, daß Hipparch auf Veranlassung eines neuen, zu seiner Zeit erschienenen Sterns sein Fixstern-Verzeichniß gemacht hätte. So erschien auch ein neuer Stern im Jahr 945 und 1264. Und so sah Kepler im Jahr 1600 einen neuen Stern im Ophiuchus. Dieser Stern verschwand und erschien abwechselnd. Im October 1604 übertraf er die Sterne erster Ordnung an Glanz und Größe. Er wurde dann nach und nach wieder kleiner, und im October 1605 verschwand er wieder. Cassini erblickte ihn 1655 und Hevel 1665 abermals. Später war er nur noch als Stern sechster Größe sichtbar. Im Jahr 1670 entdeckte Pater Anthelm einen solchen neuen Stern am Kopfe des

Fuchses, welcher aber nur bis zur dritten Größe heranwuchs, nach zwei Monaten schon wieder verschwand, im Jahr 1671 von Hevel wieder gesehen wurde und seit dem Jahre 1672 nie wieder erschien. — Was man von solchen Sternen hielt, wird die Folge lehren.

§. 359.

Einige Sterne, welche von den ältern Astronomen zu den kleinern gerechnet wurden, gingen später in die Classe der größern über; dagegen rechnete man in der neuern Zeit mehrere Sterne unter die kleinern, welche in älterer Zeit zu den größern gehörten. So zählte man z. B. noch vor hundert Jahren den Athair (einen hellen Stern im Adler) zu den Sternen zweiter Größe; jetzt ist er ein Stern erster Größe geworden. Ein gleich unter dem Athair schief gegen Osten stehender kleiner Stern vierter Größe, der noch immer kleiner wird, war ehedem ein Stern dritter Größe; u. s. w.

Wegen dieser Veränderungen, welche manche Sterne an Größe und Glanz erlitten, sieht man auf den ältern Sterncharten noch kleine Sterne, welche die neuern Astronomen nicht mehr am Himmel finden konnten. Und so erblicken wir manche Sterne nicht mehr mit bloßen Augen, sondern nur durch Fernröhre, welche die Alten recht gut ohne eine Augenbewaffnung sahen.

§. 360.

Im sechszehnten Jahrhundert gab es noch manche Gelehrte, die um die Astronomie sich verdient machten. Dahin gehören unter andern folgende: Der schon bekannte, 1495 geborne Ingolstadtsche Professor Peter Apian (Bienewitz), welcher im Jahr 1531 bis 1539 den Lauf von fünf Kometen

verfolgte, bemerkte zuerst, daß diese Himmelskörper ihre Schweife stets von der Sonne abkehrten. Dies wurde in der Folge bei allen beobachteten Kometen bestätigt. Mit Scharfsinn, aber freilich nicht mit Schärfe, führte Apian seine astronomischen Operationen ohne Rechnung und ohne Instrumente aus. Der 1511 zu Salfeld geborne Wittenbergische Professor Erasmus Reinhold, freilich noch ein Anhänger der alten Hypothesen, glaubte unter andern, die Bahn des Mondes sey eine Ovallinie. Er scheint also die Hypothese mit den elliptischen Bahnen vorbereitet zu haben. Er besorgte auch eine Ausgabe von Peurbachs Planeten-Theorie, berechnete astronomische Tafeln u. dgl. Der 1506 geborne französische Astronom (und Arzt) Johann Fernelius, welcher sich durch eine eigne Art von Gradmessung bekannt machte, schrieb auch von den Himmelskörpern (in seiner Cosmotheoria). In demselben Jahrhundert hatte ja auch Nonius die Winkelmesser sehr verbessert (Abthl. I. §. 79. u. 106.), obgleich hundert Jahre später Vernier sie noch vollkommener einrichtete. Durch Vervollkommnung der astronomischen Werkzeuge mußte ja die Sternkunde selbst weiter gebracht werden.

§. 361.

Zu den vortrefflichsten Astronomen desselben Jahrhunderts muß man auch den 1532 gebornen Landgraf von Hessen-Cassel, Wilhelm IV. rechnen. Dieser Fürst, der sich schon frühzeitig mit Astronomie beschäftigte, ließ auf dem Schlosse seiner Residenz eine prächtige Sternwarte bauen, die er mit so guten Instrumenten versah, als damals nur zu erhalten waren. Er beobachtete den Himmel bis an seinen Tod, der

im Jahr 1592 erfolgte. Er besuchte Tycho in Dänemark, welcher ihn einen sehr guten Beobachter und geschickten Astronomen nannte. Anfangs war er ein Anhänger des Kopernikanischen Systems; aber Tycho brachte ihn davon ab. Ueberhaupc war damals die Anzahl der Anhänger an das wahre System sehr schwach geworden.

Aus den vorzüglichern Beobachtungen des Landgrafen führt man besonders diejenigen an, welche er im Jahr 1585 bis 1587 über die Lage mehrerer Sterne und über die Solstitialhöhe der Sonne anstellte.

§. 362.

Eine wichtige Kalender-Verbesserung, woran mehrere berühmte Astronomen thätigen Antheil nahmen, fiel in diese Periode. Man hatte, wie wir schon wissen, seit Sosigenes ꝛc. den scheinbaren jährlichen Umlauf der Sonne für die Zeitbestimmung zu 365 Tagen, 6 Stunden (statt zu 365 Tagen, 5 Stunden, 49 Minuten), folglich um 11 Minuten zu groß, angenommen. Der Ueberschuß von 11 Minuten war wohl an und für sich eine Kleinigkeit, machte aber doch in einem Jahrhundert 18 Stunden 20 Minuten aus; häufte sich also in mehreren Jahrhunderten zu Tagen an. So war denn der Tag der Frühlings-Nachtgleiche, welcher immer auf den 21sten oder 22sten März fallen sollte, im sechszehnten Jahrhundert der christlichen Zeitrechnung schon bis zum 11ten März vorgerückt, und würde in den folgenden Jahrhunderten weiter bis zum Februar, Januar ꝛc. vorgerückt seyn, wenn man dies nicht zu verhindern gesucht hätte.

Pabst Gregorius XIII. vertilgte im Jahr 1582 jenen Ueberschuß auf Ansuchen seines Astronomen Aloysius L

lius. Er befahl der ganzen römisch-katholischen Christenheit, in diesem Jahre auf einmal 10 Tage aus dem Kalender wegzulassen, damit die folgende Frühlings-Nachtgleiche wieder auf den 21sten März falle. Auch die Anzahl der Schalttage für jedes Jahrhundert und jedes Jahrtausend ließ er zugleich etwas verändern und berichtigen.

§. 363.

Die protestantischen Regenten, welche damals mit den Ständen der römischen Kirche noch in großen Streitigkeiten und Kriegen verwickelt waren, nahmen die allerdings gute Anordnung des Pabstes (aus andern, ihrerseits gegründeten Ursachen) nicht an. Als aber im Jahr 1700 der bewußte Ueberschuß des Jahres gar auf eilf Tage angewachsen war, da führten auch sie in Deutschland Verbesserungen des Kalenders ein, die in der Hauptsache mit jenen päbstlichen Verbesserungen übereinkamen. Schweden und England nahmen dieselben Verbesserungen später an; Rußland ist noch beim Alten geblieben.

So ist denn der Unterschied klar zwischen dem Gregorianischen oder neuen Kalender und dem Julianischen oder alten, sowie zwischen dem verbesserten protestantischen und jenen beiden. Der Julianische Kalender ist die Zeitrechnung des Julius Cäsar, wo immer das vierte Jahr ein Schaltjahr ist; in unseren Kalendern bringt man ihn noch immer in einer Neben-Kolumne bei und nennt ihn da Julianisches Jahr. Der Gregorianische Kalender aber ist die beschriebene Zeit-Anordnung des Pabstes Gregorius, mit noch einigen besondern Bestimmungen. Der von den protestantischen Ständen Deutschlands verbes-

serte Kalender unterscheidet sich von dem Gregorianischen in der Hauptsache nur in dem Berechnungs-Verfahren des Osterfestes.

§. 364.

Wenn man von den 18 Stunden 20 Minuten Ueberschuß in jedem Jahrhundert über die wahre Dauer des Sonnenlaufs nur die 18 Stunden rechnet, so machen diese in vier Jahrhunderten drei Tage aus, während die 20 Minuten erst in 7200 Jahren einen Tag ausmachen. Pabst Gregorius verordnete daher, daß binnen 400 Jahren, jedes zu 365 Tagen gerechnet, nur 97 Tage eingeschaltet werden sollten. Wenn man also auch noch immer, wie sonst im Julianischen Kalender, alle vier Jahre ein Schaltjahr seyn läßt, so darf doch nach Verlauf von 96 Jahren des Jahrhunderts in acht Jahren nur ein Schaltjahr seyn, so, daß das vierte des neuen Sekulums erst wieder ein Schaltjahr wird. Dies geschieht immer nur am Ende von drei auf einander folgenden Jahrhunderten. Am Ende des vierten muß alle vier Jahre wieder ein Tag eingeschalten werden. So war z. B. das Jahr 1600 ein Schaltjahr; das Jahr 1700 (welches nach dem Julianischen Kalender auch hätte eins seyn sollen) war kein Schaltjahr; das Jahr 1800 ebenfalls nicht, sowie auch 1900 keins seyn wird. Erst vom Jahre 2000 an geht jene vierjährige Einschaltung ununterbrochen fort; u. s. w. Nach 7200 Jahren wird (vom Jahr 1600 an gerechnet) noch ein Tag besonders eingeschaltet, nämlich derjenige von den bewußten, in jedem Jahrhundert angewachsenen 20 Minuten.

§. 365.

So war auch vor Einrichtung des Gregorianischen Ka-

lenders in der jährlichen Bestimmung des Osterfestes große Verwirrung entstanden; und die genaue Festsetzung dieses Festes war doch nothwendig, weil alle übrige bewegliche Feste sich darnach richten. Die Juden feierten, nach Moses Vorschrift, ihr Osterfest (Passah) den vierzehnten Tag des ersten Monats, d. h. desjenigen Monden-Monats, in welchem der vierzehnte Tag gerade auf den Tag der Frühlings-Nachtgleiche fiel, oder welcher zunächst auf die Frühlings-Nachtgleiche folgte. Nun ereignete es sich aber öfters, daß das Osterfest der Christen mit dem Osterfeste der Juden zusammentraf; denn die älteste christliche Kirche hatte blos verordnet, daß das Osterfest der Christen den auf jenen vierzehnten Tag folgenden Sonntag gefeiert werden sollte; fiel nun jener vierzehnte Tag auf einen Sonntag, so feierten Christen und Juden das Osterfest nicht selten zusammen. Daran nahmen viele christliche Seelenhirten einen Anstoß. Als daher im Jahr 325 nach Christi Geburt das berühmte Concilium zu Nicäa in Natolien (eine Versammlung von vielen Bischöffen) gehalten wurde, da setzte man zum ewigen Gesetz für die Christenheit fest: „der Ostertag der Christen soll immer derjenige Sonntag seyn, welcher nach dem jährlich zunächst auf die Frühlings-Nachtgleiche folgenden Vollmonde der erste ist; und fällt einmal dieser Vollmond selbst auf den Sonntag, so soll Ostern allemal bis zum folgenden Vollmonde verschoben werden."

Man glaubte nun sicher zu seyn, daß die jüdischen und christlichen Ostern nie mehr an einem Tage zusammenträfen. Aber da irrte man sich doch ein wenig. Wenn nämlich der erwähnte Oster-Vollmond auf einen Sonntag fiel, an wel-

chem die Juden ihre Ostern feierten, so hatten die Christen ihre Ostern freilich eine Woche später; und wenn derselbe Vollmond auf einen andern Wochentag fiel, so feierten die Juden an diesem Tage ihre Ostern und die Christen warteten bis den nächsten Sonntag. Wenn aber dieser Vollmond nahe an die Gränze zwischen Samstag und Sonntag fiel, so konnte es zuweilen geschehen, daß die Juden ihn auf den Sonntag, die Christen auf den Samstag setzten (weil bei beiden Religionen die Berechnungsart nicht genau zuzutreffen pflegte), und dann mußten Juden und Christen die Ostern doch zugleich feiern.

§. 366.

Begreifen mußte man es leicht können, warum das Osterfest zuweilen sehr bald nach der Frühlings-Nachtgleiche eintrat, zuweilen erst lange nachher. War z. B. der 20ste März ein Samstag, und trat an diesem Tage der Frühling etwa um 10 Uhr des Abends ein, so konnte um 11 Uhr der Mond noch voll werden, und dann mußte Ostern den 21sten März seyn. Wurde aber der Mond etwa eine Stunde vor dem Augenblicke der Frühlings-Nachtgleiche voll, so mußten, vom 20sten oder 21sten März an, wenigstens noch 29 Tage verstreichen, ehe er wieder voll werden und Ostern bringen konnte. Traf es sich nun außerdem noch, daß er dann an einem Sonntage voll wurde, so dauerte es noch sieben Tage länger bis Ostern. So konnte also Ostern vom 20sten März bis zum 25sten April (ein Zeitraum von mehr als 5 Wochen) fallen.

Es kam also bei Bestimmung des Osterfestes auf eine richtige Berechnung sowohl der Frühlings-Nachtgleiche, als auch des zunächst auf sie folgenden Vollmondes an. Die Frühlings-

Nachtgleiche ließ sich, ohne besondere Schwierigkeiten, leicht bis auf Minuten genau bestimmen; aber zusammengesetzter war die Berechnung des Vollmondes, wenn das Resultat auf Stunden und Minuten genau seyn sollte. Die Mönche wußten mit einer solchen Berechnung nicht umzugehen.

§. 367.

Als Gregorius den neuen Kalender einführte, da sorgte er auch dafür, daß sein Astronom Lilius den Mönchen eine leichtere Rechnung, nach gewissen einfachen Regeln, lehrte. Diese Rechnung wurde cyklische Rechnung genannt. Da sie nur auf Tage, nicht einmal auf Stunden, geschweige auf Minuten zutraf, so war sie natürlich fehlerhaft. Und das war mit ein Grund, warum die deutschen protestantischen Stände den gregorianischen Kalender nicht einführten. Es dauerte aber noch bis zum Jahr 1700, ehe sie es besser machten.

Um diese Zeit führten die Protestanten Deutschlands den sogenannten neuen Kalender-Styl ein. Sie ließen nicht blos 11 Tage auf einmal aus dem Kalender herausfallen, sondern verordneten auch, daß ihr Oster-Vollmond nach ordentlichen astronomischen Tafeln, und zwar nach denjenigen berechnet werden sollte, welche Kaiser Rudolph II. von dem berühmten Kepler (§. 368 f.) hatte ausarbeiten lassen. Weil aber dann der Oster-Vollmond oft nahe an die Gränze von Samstag und Sonntag fiel und die Katholiken dann das Osterfest oft eine Woche früher oder später feierten, als die Protestanten, so mußte dies in einem und demselben Reiche zu mancherlei Unordnungen oder Unannehmlichkeiten Anlaß geben. Deswegen beschlossen im Jahr 1776 die Stände

der Augsburgischen Confession dem bei den Katholiken üblichen Gregorianischen Kalender, unter dem Namen eines allgemeinen Reichskalenders beizutreten, folglich auch das Osterfest und alle davon abhängende bewegliche Feste mit ihren katholischen Mitbrüdern zugleich zu feiern. Alle übrige bei ihnen bestandene Rechte in geistlichen und weltlichen Dingen behielten sie sich freilich vor. Im Jahr 1777 nahm jener allgemeine Reichskalender seinen Anfang.

§. 368.

Die Monate des Jahres hatten ihren Namen von den Römern erhalten. Diese hatten anfangs nur folgende zehn: März, April, Mai, Junius, Quintilis, Sextilis, September, Oktober, November und December. Später kamen noch die beiden Monate Januar und Februar hinzu. Von Romulus bis Pompilius Numa fingen sie das Jahr im März an; hernach aber um die Zeit der Winter-Sonnenwende den ersten Januar. Das ist bis auf unsere Zeiten so geblieben.

Der Januar erhielt seinen Namen von dem römischen Gotte Janus, welcher, mit zwei Gesichtern abgebildet, ein Symbol des verflossenen und zukünftigen Weltalters war. Das eine der beiden Gesichter stellte einen Jüngling, das andere einen Greiß vor; dieser sollte das vergangene, jener das zukünftige Weltalter andeuten. Der Februar bekam seinen Namen von den in diesem Monat den Göttern dargebrachten Todtenopfern, welche Februa, Reinigungsopfer, hießen. Der dritte, dem ehemaligen Kriegsgotte Mars gewidmete Monat wurde Martius genannt, woraus wir März machten. Der April, Aprilis, soll seinen Namen von aperire, öffnen, erhalten haben, weil in diesem, der Venus geheiligten

Monate die Natur sich gleichsam öffnete. Den Namen Mai, Majus, pflegt man vom Jupiter abzuleiten, welchen man als den größern, Majorem, der Götter ansah. Von der Gemahlin des Jupiters, der Juno, leitet man den Namen des Juny oder Junius her. Die beiden Schaltmonate aber hießen deshalb Quintilis und Sextilis, weil jener, vom März an, gewöhnlich der fünfte, dieser der sechste war. Die folgenden Monate, welche beständig waren, wurden Septembris, der siebente; Octobris, der achte; Novembris, der neunte; und Decembris, der zehnte genannt, und zwar, nach der ältern römischen Art, vom März an gerechnet.

Nach Einführung des Julianischen Kalenders gab man auch den beiden Schaltmonaten besondere Namen; man nannte sie nämlich den beiden ersten Imperatoren zu Ehren Julius und August (nämlich Julii Caesaris und Octavii Augusti). Julius Cäsar hatte sie schon vorher für jedes Jahr zu ordentlichen und beständigen Monaten bestimmt.

§. 369.

Das Ende des sechszehnten und der Anfang des siebzehnten Jahrhunderts war der allerwichtigste Zeitraum für die Astronomie. In diesem Zeitraume lebte Kepler, der wahre Schöpfer der physischen Astronomie, sowie der berühmte Galilei; in diesen Zeitraum fällt auch die Erfindung der Logarithmen (Abthl. I. §. 41 f.) und die Erfindung der Fernröhre (Abthl. II. §. 166 f.). Was die Logarithmen in den astronomischen Rechnungen, die Fernröhre bei den astronomischen Observationen für Nutzen stifteten, und noch stiften, bedarf wohl keiner besondern Auseinandersetzung.

Kepler, dessen Entdeckungen allein schon eine der merk-

würdigsten Epochen in der Geschichte der Astronomie ausmachen, war 1571 zu Weil im Würtembergischen geboren. Er hielt sich abwechselnd in Grätz, Linz, Wien, Prag, Tübingen rc. auf. In Tübingen, wo er studirte, war vorzüglich Michael Möstlin sein Lehrer gewesen. Als kaiserlicher Mathematikus hatte Kepler viele seiner Arbeiten zu Linz, Wien und Prag vorgenommen. Er wollte noch manches ausführen; aber gedrückt von Arbeit und Sorge starb er im Jahr 1630 zu Regensburg (wo er wegen Geschäfte am Reichstage hingereist war) im 59sten Jahre seines Alters. Eine große Anzahl der nützlichsten astronomischen und optischen Schriften verewigen seinen Namen, was aber schon allein die Entdeckung seiner Gesetze der wahren Planeten-Bahnen und der Planeten-Bewegung thun würde.

§. 370.

Die vielen Beobachtungen, welche Kepler über die Bewegungen der Planeten, hauptsächlich über die Bewegungen des Mars, angestellt hatte, und die damit verknüpften mühevollen Rechnungen zeigten unserm großen Astronomen, daß man alle aus der Bewegung der Planeten entstehende Erscheinungen nicht gehörig erklären könne, wenn man annimmt, ihre Bahnen sind Kreise, man mag den Haupt-Himmelskörper, z. B. die Sonne, um welchen die Drehung eines Planeten geschieht, in den Mittelpunkt oder von dem Mittelpunkte hinweg setzen. Nach vielen schwierigen Untersuchungen fand Kepler, daß die gemeine Ellipse den Resultaten seiner Rechnungen Genüge leiste, wenn man die Sonne in einen ihrer Brennpunkte setzt.

In der Folge bestimmte Kepler die Dimensionen der

Ellipse, welche Mars beschrieb. Er verglich die Zeiten unter einander, welche dieser Planet beim Abgange von einem Endpunkte der Absidenlinie oder der großen Axe der Ellipse gebrauchte, um einen ganzen Umlauf oder einen Theil des Umlaufs zu machen. Und da fand er denn, daß diese beiden Zeiten stets unter einander sich verhielten, wie die ganze Fläche der Ellipse und die Fläche des elliptischen Abschnitts, welcher begränzt wird von dem durch den Planeten beschriebenen Bogen und den beiden nach der Sonne gezogenen Linien (den radiis vectoribus). Dasselbe Verhältniß wurde auch für alle übrige Planeten wahr befunden, sowie für die Bewegungen der Monde oder Trabanten, in Beziehung auf ihre Hauptplaneten. Dieses Gesetz, welches der physischen Astronomie zur Grundlage dient, wird erstes Keplersches Gesetz genannt, oder auch Gesetz der Proportionalität der Flächen zu den Zeiten.

§. 371.

Aus dieser wichtigen Entdeckung des Kepler entsprang noch eine andere. Der unermüdet thätige Mann vermuthete, daß zwischen den Umlaufszeiten der Planeten und den Dimensionen ihrer elliptischen Bahnen ein Verhältniß statt finden müsse. Er stellte deshalb viele neue Rechnungen an und war so glücklich, abermals zu einem wichtigen Resultate zu gelangen. Er fand nämlich, daß die Quadrate der Zeiten der ganzen Umläufe zweier Planeten sich unter einander verhalten, wie die Würfel der großen Axen der beiden elliptischen Planetenbahnen, oder wie die Würfel ihrer mittlern Entfernungen von der Sonne. Diese Fundamental-Proportion galt für alle Planeten, sowie für die Trabanten, in Beziehung auf ihre

Hauptplaneten. Man nennt sie das zweite Keplersche Gesetz oder das Gesetz der Zeiten im Verhältniß zu den mittlern Entfernungen. — Genauer lernt man diese Keplerschen Entdeckungen in seinem 1609 herausgegebenen berühmten Werke (Astronomia nova) kennen. Sein Genie und seine Begeisterung für jenen Gegenstand ist darin sehr hervorspringend.

So bildeten nun in der Folge die beiden Keplerschen Gesetze immer die Grundlage aller astronomischen Berechnungen. Einige kleine Modifikationen mußte man freilich damit vornehmen, schon wegen der allgemeinen Gravitation, wodurch die Himmelskörper gegenseitig auf einander wirken. — Die von Kepler berechneten astronomischen Tafeln wurden seinem Kaiser Rudolph II. zu Ehren Rudolphinische Tafeln genannt.

§. 372.

Galilei war, wo nicht der erste, doch einer der ersten, welcher die so eben erfundenen Fernröhre zur Betrachtung der Himmelskörper anwandte. Daß er den nahen Mond zuerst damit beobachtete, war wohl natürlich. Er entdeckte auf der Oberfläche dieses Himmelskörpers allerlei Ungleichheiten, helle und dunkele, hervorspringende und vertiefte Stellen, und schloß daraus, daß der Mond viele Gebirge, Seen, Flüsse u. dgl. enthalte und ein der Erde ähnlicher dunkler Körper sey. Er berechnete sogar schon (wie man aus seinem 1610 herausgekommenen Siderius nuncius sieht) die Höhen der Mondsberge, wobei er den Mond-Durchmesser $\frac{2}{7}$ des Erd-Durchmessers oder 2000 italienische Meilen setzte. Und da fand er,

daß es auf dem Monde höhere Berge, als auf der Erde gäbe, was in der Folge bestätigt wurde.

Derselbe große Mann entdeckte durch das Fernrohr eine ungeheure Anzahl kleiner, dem bloßen Auge unsichtbare Sterne. Den 7ten Januar 1610 um 1 Uhr des Nachts sah er beim Jupiter drei Sternchen, die er anfangs zwar für Fixsterne hielt, woran er es aber doch sonderbar fand, daß sie in einer geraden Linie der Ecliptik parallel standen und daß sie mehr glänzten, als andere Sterne von gleicher Größe. Er fand bald, daß sie ihre Lage gegen den Jupiter veränderten; und am 13ten Januar sah er noch ein viertes ähnliches Sternchen beim Jupiter. So entdeckte er also vier Jupiterstrabanten, die er dem Hause Medicis zu Ehren **Sidera Medicea** nannte.

§. 373.

Es läßt sich denken, daß andere Astronomen, die sich gleichzeitig mit Galilei Fernröhre verschafften, auch dieselben Entdeckungen, wie Galilei machen konnten. So sagt Simon Marius (in **Mundo Joviali**), er habe schon am 29sten December 1609 angefangen, seine Bemerkungen über die Jupiterstrabanten aufzuschreiben. Er lieferte auch Theorie und Tafeln für die Bewegung dieser Begleiter ihres Hauptplaneten. Marius nannte die Jupiterstrabanten **Sidera Brandenburgica**, einem Brandenburgischen Marggrafen zu Ehren. Im Jahr 1610 hatte sie auch Kepler schon durch sein Fernrohr beobachtet. Was Rheita später für neue Jupiterstrabanten hielt, war irrig; es waren nur kleine Fixsterne.

Galilei entdeckte auch die Sonnenflecken. Früher hatte man diese Stellen der Sonne nur für eine Art vor-

übergehenden Dunst gehalten. Galilei bemerkte durch sein Fernrohr, daß sie fest mit dem Sonnenkörper verbunden wären, zum Vorschein kämen, wieder verschwänden rc., woran die Umwälzung der Sonne um ihre Axe schuld seyn müßte. Johann Fabricius entdeckte diese Flecken mit einem Fernrohre fast um dieselbe Zeit, und er beschrieb sie auch in einer eignen, 1611 zu Wittenberg herausgekommenen Schrift (de maculis in Sole). Im März 1611 beobachtete Christoph Scheiner diese Sonnenflecken; Thomas Harriot hatte sie schon den 8ten December 1610 beobachtet. Und so mögen wohl noch andere dieselben Entdeckungen fast zu gleicher Zeit gemacht haben. Im Jahr 1607 glaubte Kepler den Merkur vor der Sonnenscheibe zu erblicken. Er freute sich sehr über diese Erscheinung. Aber was er sah, war nicht Merkur, sondern ein Sonnenflecken gewesen. Kopernikus hatte vorausgesagt, man würde einst bei der Venus ähnliche Lichtgestalten, wie beim Monde entdecken. Diese Voraussagung machte Galilei mit Hülfe seines Fernrohrs zuerst wahr.

§. 374.

Durch alle diese Beobachtungen und Entdeckungen, besonders des Galilei, erhielt das kopernikanische Weltsystem immer mehr Glauben und Festigkeit. Was man noch dagegen einwendete, war unbedeutend und wurde von Galilei leicht darnieder geschlagen.

Der große Mann hatte endlich den Muth, seit dem Jahre 1615, das System des Kopernikus öffentlich zu bekennen. Dieser Muth brachte ihm aber das Inquisitionsgericht über den Hals, welches ihm unter Androhung der ärgsten Strafe zum Widerrufe zwang. Als er aber zwanzig Jahre später wie=

der verlauten ließ, daß das Kopernikanische Weltsystem das einzige wahre sey, so fiel auch das Inquisitionsgericht wieder über ihn her und verurtheilte ihn zu harter Gefängnißstrafe, die aber doch zu Hausarrest gemildert wurde.

In den letzten Jahren seines Lebens gab sich Galilei wohl am meisten mit der Theorie der Mechanik ab; aber er beschäftigte sich doch immer auch noch mit astronomischen Gegenständen. So suchte er die geographische Länge mittelst der Jupiterstrabanten zu bestimmen; und im Jahr 1637, wo schon sein eines Auge blind war, machte er seine letzte astronomische Entdeckung, das Schwanken des Mondes.

§. 375.

Es reiheten sich nun im siebzehnten Jahrhundert immer mehr Entdeckungen an einander, zumal, als man angefangen hatte, mit den Fernröhren manche Verbesserungen vorzunehmen. So sah Gassendi im Jahr 1631 den Merkur vor der Sonne; die erste Beobachtung dieser Art. So sah Horoccius im Jahr 1639 zuerst die Venus vor der Sonne. Diese Erscheinungen wurden Durchgang des Merkurs und der Venus durch die Sonne genannt. Der im Jahr 1611 geborne, 1688 gestorbene Hevel (Hevelius) stellte sehr sorgfältige Beobachtungen über die Sonnenflecken, über die Bewegung der Kometen ꝛc. an. Der im Jahr 1618 geborne, 1694 gestorbene Mouton zu Lyon bestimmte mit besonderer Geschicklichkeit vermöge eines Fernrohrs und eines einfachen Pendels die scheinbaren Durchmesser der Sonne und des Mondes. Auch gab er die erste Interpolations-Methode an, um Beobachtungen irgend eines Gegenstandes,

die zu verschiedenen Zeiten gemacht waren, unter einander zu verbinden.

Grimaldi, 1619 geboren und 1663 gestorben und in mancher Hinsicht gelehrter Gehülfe seines, 1598 gebornen und 1671 gestorbenen Ordensbruders Riccioli, welcher 1651 eine Sammlung berühmter astronomischer Theorien (Almagestum novum) herausgab, lieferte eine Selenographie, worin die Flecken des Mondes mit Namen von Philosopen bezeichnet sind. Noch jetzt gelten mehrere dieser Benennungen.

§. 376.

Galilei gab schon Abbildungen von den vier Haupt-Lichtgestalten des Mondes. Scheiner bildete den halben Mond nach; und so erhielt man bald nach dem astronomischen Gebrauch der Fernröhre noch andere Abbildungen von diesem Himmelskörper, worunter diejenige des Schirläus die deutlichste war. Noch bessere wurden mehrere Jahre später von andern, namentlich von Langren und Hevel verfertigt. Langren, mit einem großen und für die damalige Zeit vortrefflichen Fernrohre versehen, womit er auch die kleinsten Mondsflecken beobachten konnte, gab 1645 mehrere seiner Abbildungen heraus. In demselben Jahre erschien auch Hevels Selenographie. Dieses Werk war ganz vollständig, was man von Langres nicht rühmen konnte. Langren gebrauchte in seinen Mondcharten Namen von berühmten Mathematikern und andern berühmten Personen; Hevel aber geographische Namen unserer Erde. Die Abbildung eines Vollmondes von Eustachius im Jahr 1649 und des Sirsalis im Jahr 1650 hatte weniger Einfluß auf die Fortschritte der Astronomie als die Hevelschen Abbildungen.

§. 377.

Galilei glaubte, im Jahr 1615 auch zwei Saturns-Trabanten entdeckt zu haben, die er nahe bei dem Planeten Saturn wahrnahm. Drei Jahre lang schienen diese kleinen Sterne unbeweglich; auch behielten sie immer einerlei Gestalt bei. Zuletzt sah man sie nicht mehr; und daraus zog man den Schluß, Galilei wäre nur durch eine optische Täuschung betrogen worden.

Mit zwei großen vortrefflichen Fernröhren entdeckte Huyghens im Jahr 1655 wirklich einen Trabanten des Saturns und zwar denjenigen, welchen man jetzt den vierten nennt. Huyghens bestimmte die Entfernung desselben vom Saturn, die Lage seiner Bahn, die Dauer seines Umlaufs ꝛc. mit einer Klarheit und Genauigkeit, welche an der Existenz und Bewegung desselben gar nicht mehr zweifeln ließ.

Die Entdeckung dieses Trabanten führte den Huyghens auch auf die Entdeckung des merkwürdigen Ringes, welcher den Saturn umgiebt. Schon Galilei hatte die unregelmäßige Gestalt des Saturns bemerkt, er verfolgte aber seine Beobachtung nicht weiter, weil der Ring nachher wieder verschwunden war. Später machte Gassendi darauf aufmerksam, daß Saturn bisweilen zwei runde Körper bei sich habe. Riccioli und Grimaldi erblickten den Saturn, als wäre er mit Henkeln versehen. Huyghens aber erkannte und bewieß mit Hülfe seiner Fernröhre, daß Saturn selbst einen runden Körper bilde, und mit einem platten kreisförmigen an allen Seiten von dem Hauptplaneten abgesonderten Ringe umgeben wäre, und der, nach verschiedener Richtung gesehen, dem Auge bald diese, bald jene

Gestalt darböte. Er fand auch schon, daß der halbe äußere Durchmesser des Ringes zum Halbmesser der Saturnskugel sich wie 9 zu 4 verhält, und daß seine Breite der Breite desjenigen Raums gleich ist, welcher innerhalb der Kugel und dem innern Umkreise des Ringes sich befindet.

§. 378.

Die im Jahr 1660 errichtete königliche Societät der Wissenschaften zu London, und die im Jahr 1666 gestiftete Akademie der Wissenschaften zu Paris, welche den Wissenschaften überhaupt so vielen Vorschub leisteten, hatten namentlich auch einen großen Einfluß auf die Vervollkommnung der Sternkunde. Sie spornten die Gelehrten an, sich immer mehr Ehre um die Wissenschaften zu erwerben, und viele wichtige Entdeckungen gingen durch den engern Verband von Gelehrten aus ihrem Schooße hervor.

Der im Jahr 1625 geborne, 1712 gestorbene Dominikus Cassini aus Bologna hatte sich schon vor seiner Versetzung nach Frankreich durch mehrere astronomische Arbeiten viele Verdienste erworben, z. B. durch seine Tafeln der Sonne und der Jupiterstrabanten; in seinem neuen Vaterlande machte er noch wichtigere Entdeckungen. Dahin gehört vorzüglich die Entdeckung von vier neuen Trabanten des Saturs, nämlich der Ordnung nach (wie sie um ihren Hauptplaneten laufen) des ersten, zweiten, dritten und fünften. Von der Zeit an kannte man also, mit dem von Huyghens entdeckten, fünf Saturns-Begleiter. — Daß Cassini die von Kepler begründeten elliptischen] Planetenbahnen bestreiten wollte, schadete seinem Rufe in den Augen der Welt.

§. 379.

Der 1691 gestorbene französische Mathematiker Auzout war ein vortrefflicher Beobachter, der auch die astronomischen Werkzeuge vervollkommnete; eben so der schon 1682 gestorbene Abt Picard. Letzterer wurde vornehmlich durch seine Gradmessung berühmt, die er 1669 in Frankreich zwischen Amiens und Malvoisine anstellte. Vermöge einer Folge von zusammenhängenden Dreiecken, deren erstes auf einer bekannten Grundlinie errichtet war, zog Picard das Resultat, daß die Länge eines Grades der Erde fast 57060 französische Toisen betrage, das machte also für die ganze Länge eines größten Kreises der Erdkugel 20,541,600 Toisen.

Eigentlich war die von Snellius im Jahr 1615 in Holland unternommene Gradmessung die erste, worin das Stück eines Bogens auf der Erde durch eine Folge unter einander verbundener Dreiecke bestimmt war. Snellius hatte freilich noch mit mehr Schwierigkeiten zu kämpfen, als Picard, weil seine Winkelmesser noch unvollkommener waren, weil er noch keine Fernröhre hatte und weil er auch die Logarithmen bei seinen Rechnungen noch nicht anwandte.

§. 380.

Berühmt wurde auch der, 1696 gestorbene Franzose Richer, welcher von der Pariser Akademie nach Cayenne, in die Nähe des Aequators geschickt wurde, um daselbst verschiedene astronomische Beobachtungen anzustellen. Besonders hatte er den Auftrag erhalten, den Planeten Mars zu observiren, welchen zugleich Picard in Dänemark, Cassini und Römer in Frankreich (in der Provence) beobachteten. Man wünschte nämlich aus der gegenseitigen Vergleichung aller die-

ser in so entfernten Gegenden unternommenen Observationen die Parallaxe dieses Planeten zu bestimmen. Fast alle Astronomen beschäftigten sich damals mit diesem Gegenstande, um daraus überhaupt die Theorie der Parallaxen besser begründen zu können.

Die Beobachtungen des Richer führten diesen zufälliger Weise auf eine noch viel wichtigere Entdeckung. Picard hatte zur Zeitmessung ein Pendel mitgenommen, welches in Paris genau Sekunden vibrirte. Er ließ es auch zu Cayenne Schwingungen machen; und da fand er, daß es zu langsam oscillirte; er mußte es um 1¼ Linie verkürzen, wenn es noch Sekunden schwingen (in einer Stunde 3600 Oscillationen machen) sollte.

§. 381.

Richer schrieb diese Erscheinung ganz richtig der sphäroidischen, am Aequator erhabenen, an den Polen abgeplatteten Gestalt der Erde zu; und als Huyghens davon hörte, da kam auch dieser große Mann zugleich auf dieselbe richtige Erklärung. Denn vermöge der Umdrehung der Erde um ihre Axe mußte die Centrifugalkraft um den Aequator herum größer seyn, als unter dem Pariser Parallelkreise, (und noch größer als an Orten nahe bei den Polen); daher mußte sie die natürliche und ursprüngliche Schwere in der Nähe des Aequators mehr schwächen, als in Paris. Und hieraus schloß man, daß ein Sekundenpendel zu Cayenne kürzer seyn müsse, als zu Paris.

Das Alles wurde bald auch von andern Mathematikern und Physikern, namentlich von Newton bestätigt. Selbst alle Pendeluhren, die Reisende mit in die Nähe des Aequa-

tors und der Pole nahmen, gingen dort zu langsam, hier zu geschwind. Durch spätere Gradmessungen erhielt man über die sphäroische Gestalt der Erde genauere Auskunft.

§. 382.

Der 1635 geborne, 1702 gestorbene Engländer **Hook** war nicht blos ein berühmter Mathematiker, sondern auch ein sehr geschickter Astronom. Unter andern machte er sich bei den Sternkundigen durch die Idee eines Systems der allgemeinen Gravitation bekannt, vornehmlich in Hinsicht der wechselseitigen Anziehung der Himmelskörper. So gab er gleichsam die Grundlinien zu dem Newtonschen Systeme. Sein 1646 geborner und 1720 gestorbener Landsmann **Flamsteed** machte sich durch Bruchstücke aus der Geschichte des Himmels (Historia coelestis Britannica) und durch sein Fixstern-Verzeichniß (seinen Himmels-Atlas) bekannt.

Der 1656 geborne und 1742 gestorbene **Halley** war freilich noch berühmter. Dieser geschickte Mann stand fast mit allen europäischen Astronomen in Verbindung. Die Fixsternen-Verzeichnisse des **Ptolemäus**, des **Tycho** und des **Flamsteed** verbreiteten sich nicht über die südlichen, besonders über die dem Pol sich nähernden Sterne. Um diese Lücke in den Himmels-Atlassen auszufüllen, ging **Halley** im Jahr 1676 nach der Insel St. Helena, der südlichsten unter allen englischen Besitzungen. Sein Verzeichniß der südlichen Fixsterne vervollständigte unsere Kenntnisse von dem Reichthume des Himmels sehr bedeutend.

Halley hatte bei dieser Gelegenheit noch andere merkwürdige Beobachtungen gemacht, z. B. am 3ten November 1677 den Durchgang des Merkurs durch die Sonnenscheibe;

und auf einer Reise im Jahr 1679 nach Frankreich und Italien entdeckte er zuerst den berühmten Kometen vom Jahr 1680, den Gottfried Kirch in Koburg ohngefähr zu gleicher Zeit sah.

§. 383.

Die ersten ordentlichen Kometen-Beobachtungen hatte Tycho de Brahe an dem Kometen vom Jahr 1577 angestellt (§. 356.). Er glaubte die Kometen verschwänden im eigentlichen Sinne auch wieder. Aus den Beobachtungen des Kepler an dem Kometen vom Jahr 1618 folgerte auch dieser große Mann, daß die Bahn des Kometen geradlinicht zwischen der Erde und der Sonne hindurchgehe. Er hielt sie für Himmelskörper, die im Entstehen begriffen sind, und im Himmelsraume noch wie Fische im Meere herumschwämmen. Hevel, der ähnliche Gedanken hatte, legte ihnen aber doch eine parabolische Bahn bei. Auch dann würde ein solcher Komet nicht zurückkehren. Der 1680 erschienene Komet wurde viel sorgfältiger, als alle vorhergehenden beobachtet, am allersorgfältigsten wohl von Georg Samuel Dörfel, einem Prediger (und Liebhaber der Astronomie) zu Plauen im Voigtlande vom 29sten November bis Ende Januars. Dörfel bemerkte, daß dieser Komet wirklich um die Sonne herumgegangen sey; den sichtbaren Theil seiner Bahn hielt er für eine Parabel, in deren Brennpunkt die Sonne liege. Newton glaubte bald darauf dasselbe. Erst später fand man, daß die Planetenbahnen eigentlich Ellipsen seyn müssen, wenn sie ganz um die Sonne herumkommen, folglich mehr wie einmal erscheinen sollen.

Bei dem Kometen von 1680 war die große Nähe merk-

würdig, in welcher er der bei Sonne vorüber ging. Newton berechnete aus der kleinsten Entfernung dieses Kometen von der Sonne, gleich $\frac{1}{166}$ des Abstandes der Erde von der Sonne, daß der Komet dann die Sonnenhitze 28000mal größer empfunden habe, als die Erde, oder daß die Hitze des Kometen die Hitze unseres glühenden Eisens 2000mal übertroffen haben müsse. Damit nun dieser Komet diese Hitze ertragen konnte, so dachte man sich den Kern desselben von überaus großer Dichtigkeit uud gleichsam von unvergänglicher Dauer.

§. 384.

Halley hatte überhaupt die Bahnen von vierundzwanzig zu seiner Zeit und vor ihm erschienenen Kometen berechnet und die berechneten Elemente in eine Tabelle gebracht. Da er fand, daß die Kometen von den Jahren 1531, 1607 und 1682 fast einerlei Elemente hatten, so schloß er daraus, daß dies einer und derselbe Komet sey, welcher alle 75 oder 76 Jahre zurückkehre. Halley verkündigte die Wiederkunft desselben Kometen auf das Jahr 1759; und diese Wiederkunft traf wirklich ein, wie man wenigstens glaubte. Sein Umlauf dauerte nämlich 500 Tage länger, als in den Jahren 1607 und 1682. Die Sternkundigen meinten aber, diese Verspätung rühre blos von der Anziehung des Jupiters und Saturns her, wodurch der Komet in seinem Laufe gestört worden sey. Im Jahr 1834 müßte man diesen Kometen wieder erwarten können.

Auch die Wiederkunft des großen Kometen vom Jahr 1680 bestimmte Halley, nämlich auf das Jahr 2254. Er glaubte, daß dieser Komet 46 Jahre vor Christi Geburt.

gleich nach dem Tode des Julius Cäsar erschienen seyn müsse. Denselben Kometen hielt er sogar für die Ursache der Sündfluth. Andere, wie z. B. Whiston, stimmten ihm hierin bei. — Die neueste Zeit hat über die Bewegung und das Wesen der Kometen noch mehr Licht verschaft.

§. 385.

Andere bekannte Astronomen des siebzehnten Jahrhunderts waren noch die Engländer Wright, Street und Wing; die Franzosen Deschales und Bouillaud; die Deutschen Bayer und Lansberg; der Italiener Fontana u. s. w. Die auf astronomische Lehren gegründeten Seecharten hatte der portugiesische Infant Heinrich, Sohn des Königs Johann, um die Mitte des fünfzehnten Jahrhunderts erfunden. Man nannte sie platte Charten. Sie gaben den Weg des Schiffs in einer geraden Linie. Die Proportion der Parallelkreise und Mittagskreise war darin nicht beobachtet; denn beide waren als gerade Linien ausgedrückt. Der Niederländer Mercator zeigte in der Mitte des sechszehnten Jahrhunderts zuerst, daß man die Grade der Mittagskreise erweitern müsse. Der Engländer Wright aber lehrte in dem folgenden Jahrhundert, daß, wenn man den Mittagskreis in kleine Theile getheilt annimmt, diese kleinen Theile bei der Entfernung vom Aequator nach einerlei Verhältniß mit dem Sekanten ihrer Breite wachsen. Diese sogenannten reducirten Charten wurden ums Jahr 1530 beim Seewesen eingeführt.

§. 386.

Unter Loxodromie verstand man immer die Fahrt, welche das Schiff auf der Oberfläche der Erdkugel nach einer-

lei Windstrich verfolgt; sie war eine krumme Linie (loxodromische Linie) von doppelter Krümmung. Zur leichtern Bestimmung ihres Fortgangs ꝛc. berechneten Wright, Stevin, Snellius, Deschales u. a. Tafeln (loxodromische Tafeln), welche man seit Einführung der reducirten Seecharten nicht mehr gebraucht. Hier kommt nur eine gemeine krumme Linie vor, die sich viel leichter berechnen läßt. Denn während einer langen Reise bewegt sich das Schiff nie in einerlei Loxodromie, weil es zu oft wegen Inseln, Klippen u. dgl. seine Richtung verändern muß. Theilt man die Fahrt in mehrere loxodromische Linien, so kann man in den meisten Fällen ohne merklichen Fehler jeden Theil blos als gerade Linie betrachten.

Noch manche andere Vortheile zog die Schiffahrt aus der Sternkunde. Man denke nur an die Beobachtung der Gestirne, um Länge und Breite des Orts zu bestimmen, wo man sich befindet, an die Erfindung des Harrison (§. 31 f.) u. s. w.

§. 387.

Die von Huyghens ums Jahr 1673 entdeckte Theorie der Centralkräfte führten den großen Newtoln zuerst auf das Gesetz derjenigen Kraft, welche den Mond in seiner Bahn um die Erde erhält (Centripetal- und Centrifugalkraft). Nachher dehnte er dasselbe Gesetz auch auf alle Körper unseres Planetensystems aus. Jeder Planet dreht sich um die Sonne, jeder Trabant um seinen Hauptplaneten, weil er von demjenigen Himmelskörper, den er gleichsam untergeordnet ist, angezogen wird und weil zugleich noch eine andere Kraft auf ihn wirkt, die ihn davon abtreiben will. Aus den beiden

Kräften entsteht diejenige mittlere Kraft, welche ihn um den Hauptkörper herum treibt.

Die Hauptplaneten beschreiben Ellipsen um die Sonne, welche einen der Brennpunkte einnimmt; und eben so beschreiben die Trabanten Ellipsen um ihre Hauptplaneten. Die beiden Keplerschen Gesetze (§. 371.) kamen dem Newton bei Festsetzung seiner Theorie sehr zu statten.

§. 388.

Eine von einem Baume herabfallende Birn soll unsern Newton im Jahr 1666 die erste Veranlassung zu seiner wichtigen Entdeckung gegeben haben. Anaxagoras, Democrit und Epicur hatten den Himmelskörpern eine Schwere gegen unsere Erde zugeschrieben. Kopernikus hatte die Ursache, warum die Himmelskörper eine runde Gestalt haben, der Neigung ihrer Theile, sich vermöge der Schwere zu vereinigen zugeeignet. Und Kepler hatte die Hypothese aufgestellt, daß ein Planet gegen den andern schwer sey oder das Bestreben habe, sich nach ihm hin zu bewegen. Fermat, Roberval, Borelli und Hook kannten gleichfalls die Kraft der Schwere, wodurch Anziehungen bewirkt werden. Hook besonders kannte sie in ihrem ganzen Umfange. Aber erst Newton machte von ihr die gehörige Anwendung im Weltgebäude.

Als Newton die Birn vom Baume herunterfallen sah, da dachte er über die Ursache dieses Falls nach und was geschehen müßte, wenn sie nicht auf die Erde kommen, sondern um den Baum, oder auch wohl um die Erde sich herumbewegen sollte. Seine Gedanken kamen dann bald auf einen höhern Standpunkt. Er dachte sich den Mond als unter-

geordneter Körper oder Begleiter der Erde, die Hauptplaneten als untergeordnete Körper der Sonne, die Jupiterstrabanten als untergeordnete Körper oder Begleiter des Jupiters ꝛc. Er verglich bei den um die Sonne sich wälzenden Himmelskörpern die Zeiten der Umläufe mit ihren Weiten von der Sonne; und da fand er, daß ihre Schwungkräfte, folglich auch ihre Normalkräfte, sich umgekehrt wie die Quadrate ihrer Weiten verhielten.

§. 389.

Kaum hatte Newton gefunden, daß der Fall des Mondes zur Erde in einer Minute den 3600sten Theil des Falls der Körper auf Erden betragen müsse, als ihm sein schönes Gesetz zusammen zu stürzen schien. Er kannte nämlich die Norwoodsche Messung eines Erdgrades vom Jahr 1635 noch nicht. Nach dieser Messung wurde ein solcher Grad 69½ englische Meilen groß gefunden, den Newton zu 60 Meilen angenommen hatte. Er setzte daher seine Hypothese vorerst bei Seite, um sie zu einer gelegenen Zeit wieder vorzunehmen. Dies geschah im Jahr 1676, wahrscheinlich auf Veranlassung der Hookschen Entdeckungen.

Newton fand jetzt, daß der Mond in einer Minute durch 15½ Fuß gegen die Erde herab falle, während der Fall eines Körpers nahe an der Erde in einer Sekunde so viel beträgt. Da war es ihm nun leichter, einzusehen, daß der Mond vermöge dieser Kraft und der Fliehkraft (Schwungkraft) in seiner Bahn erhalten werden konnte. Auf Halleys Antrieb gab er nun im Jahr 1687 sein berühmtes Werk heraus.

§. 390.

Newton hatte den Satz aufgestellt, daß die Erde, wenn sie bei ihrer Erschaffung flüssig gewesen sey, durch ihre Axen-Umdrehung eine sphäroidische Gestalt habe annehmen müssen; dasselbe wäre auch mit den übrigen Planeten, Trabanten ꝛc. der Fall gewesen. Stirling, Clairaut und besonders Maclaurin verfolgten diesen Satz weiter und suchten gründliche Beweise dafür aufzustellen. Maclaurin zeigte unter andern auch, daß jeder im Innern des Sphäroids angenommene Punkt im Gleichgewicht sey oder in allen Arten von Richtungen gleich stark gedrückt werde. D'Alembert stellte um die Mitte des achtzehnten Jahrhunderts ebenfalls manche fruchtbare Untersuchung über denselben Gegenstand an.

Bald nach Erfindung der Fernröhre entdeckte man aus der Beobachtung der Planeten-Flecken, welche sich regelmäßig veränderten, daß auch die Planeten eine Umdrehung um ihre Axe haben. Dasselbe war auch bei der Sonne der Fall. Und daraus schloß man wieder, daß auch sie eine abgeplattete (sphäroidische) Gestalt haben müßten, und zwar mehr oder weniger, je nachdem ihre Umdrehung mehr oder weniger schnell ist.

§. 391.

Man wußte wohl, daß die Erde sich binnen 24 Stunden gleichförmig um ihre Axe dreht; man wurde aber auch gewahr, daß, wegen der Ungleichheit ihrer jährlichen elliptischen Bewegung und wegen der schiefen Lage ihres Aequators in Beziehung auf die Ecliptik, die Tage (oder diejenigen Zeiträume, welche die Sonne vermöge ihrer scheinbaren Be-

wegung gebraucht, um wieder denselben Meridian zu erreichen) ungleich sind, bald etwas länger, bald etwas kürzer. Ihre mittlere Dauer beträgt nur 23 Stunden 56 Minuten. Man hat ja darauf Tafeln, Aequationstafeln, und eigne sehr sinnreiche Uhren, Aequationsuhren, gegründet, welche letztere die wahre und mittlere Zeit, sowie die Zeitgleichung oder Aequation genau angeben. Schon im Jahr 1699 hatte Karl II., König von Spanien, eine solche Pendeluhr, wie sie später Meynier, Duchesne, Thiout, le Paute, Berthoud und Schulze noch vollkommener an's Licht brachten.

Die Astronomen fanden nun auch, daß die Sonne in 25½ Tagen; die Venus in 23 Stunden 20 Minuten; Mars in 24 Stunden 40 Minuten; Jupiter in 9 Stunden 56 Minuten; und Saturn in 10 Stunden 16 Minuten um ihre Axe sich drehen. — Merkurs Kleinheit und große Nähe bei der Sonne ließen seine Axen-Umdrehung lange nicht erkennen, bis es endlich erst im Jahr 1800 dem berühmten Astronomen Schröter in Lilienthal glückte, auch sie in Erfahrung zu bringen. Er bestimmte sie zu 24 Stunden 5½ Minute.

§. 392.

Die besten Astronomen des achtzehnten Jahrhunderts fanden es sehr wahrscheinlich, daß auch die Fixsterne eine Axen-Umdrehung haben, daß sie überhaupt ähnliche Himmelskörper wie unsere Sonnen sind, um welche sich wieder Planeten und Kometen drehen. Man glaubte sogar, daß die Umdrehungsaxe eines Fixsterns wohl ihre Lage am Himmel (etwa durch Attraction anderer Himmelskörper) zu verändern

vermöchte, und daß es vielleicht von einer solchen Verände-
rung herrühre, wenn gewisse Fixsterne (wie §. 357.) plötzlich
erscheinen oder verschwinden, oder an Größe und Helligkeit
ab- oder zunehmen.

Man sah ferner wohl ein, daß die Umdrehungs-Bewe-
gungen der Planeten um ihre Axen nicht dieselben Gesetze,
wie ihre fortrückende Bewegung um die Sonne, befolgten. Die
letztere Bewegung offenbarte sich (in Hinsicht der Umlaufs-
zeit) um so viel langsamer, je entfernter der Planet von der
Sonne ist; die Umdrehungs-Geschwindigkeit um die Axe kann
dagegen um so größer seyn. So dreht sich z. B. Jupiter
schneller um seine Axe, als die näheren Planeten Venus, Er-
de und Mars. Und doch können, wie Johann Bernoul-
li zuerst scharfsinnig zeigte, beide Arten von Bewegungen,
Axen-Umdrehung und Herumdrehung um einen andern Him-
melskörper, eben so gut von einer und derselben Ursache her-
vorgebracht werden, wie eine aus einer Kanone losgeschossene
Kugel außer der gerade fortgehenden Bewegung noch eine
Axenbewegung (Umdrehung um ihre Axe) zu erhalten im
Stande ist.

§. 393.

Wenn Newton, Richer und andere scharfsinnige Män-
ner (§. 380 f.) die sphäroidische Gestalt der Erde schon durch
scharfsinnige Schlüsse, durch Versuche mit Pendeln ꝛc. voraus-
sagten, so wurde dies immer mehr und genauer durch die
neuern Gradmessungen bestätigt. Das that ja schon Picard
im Jahr 1669. Wenn nämlich die Erde eine vollkommene
Kugel wäre, so müßte man auf derselben offenbar um $\frac{1}{360}$
des Mittagskreises fortgehen, wenn man einen Stern in das

Zenith bekommen wollte, der an dem Himmelsgewölbe von dem Zenith des erstern Orts, von welchem man wegging, um einen Grad entfernt ist. Das geschieht aber nicht, weil nicht überall vollkommene Kreislinien um die Erde gezogen werden können. Da, wo die Erde flacher ist (nach den Polen zu), muß man weiter fortgehen, damit jene Erscheinung mit dem Stern erfolge; und da, wo die Erde gekrümmter ist (nach dem Aequator zu) hat man weniger weit zu gehen.

Da Cassini, welcher Picards Grad-Messung wiederholte, ein entgegengesetztes Resultat, wie dieser, herausbrachte, und denkende Naturforscher Newtons, Richers, Picards und anderer verdienter Männer Bestimmungen unmöglich aufgeben konnten, auch Fehler bei Cassini's Messung auf die wahrscheinlichste Art vermuthet wurden, so schickte die Pariser Akademie der Wissenschaften geübte Mathematiker in die Nähe des Aequators und in die Nähe der Pole, wo sie einige Grade des Mittagskreises messen sollten.

§. 394.

So segelten denn Bouguer, de la Condamine und Godin im Jahr 1735 nach Südamerika, und zwar nach Quito im Reiche Peru, gerade unter den Aequator. Der König von Spanien, dem Quito gehörte, gab ihnen zur Hülfe noch zwei Offiziere, Juan und de Ulloa mit auf die Reise. Maupertuis, le Monnier, Outhier und Camüs schifften sich im Jahr 1736 nach Torneå im schwedischen Lappland ein, nicht gar weit vom Nordpole. Zu ihnen gesellte sich noch, auf Befehl des Königs von Schweden, der Mathematiker Celsius. Alle diese Gelehrte sollten einen Theil des Mittagskreises, der wenigstens beinahe einen

Grad betrüge, auf das Genaueste messen, so genau, daß man daraus im Stande wäre, ganz sichere Schlüsse in Hinsicht der wahren Gestalt der Erde zu machen.

Die Gesellschaft in Lappland hatte freilich viele Kälte auszustehen und beim Messen mancherlei andere Schwierigkeiten, namentlich wegen der vielen Sümpfe, zu überwinden. Indessen wurde sie mit ihrer Arbeit zuerst fertig; nach Verlauf von einem Jahre kehrte sie wohlbehalten in ihr Vaterland zurück. Bei weitem mehr Ungemächlichkeiten mußte die Gesellschaft in Peru erdulden, besonders da sie nicht einen, sondern drei Grade maß. Tag und Nacht mußten diese Mathematiker auf den Gipfeln der hohen amerikanischen Gebirge verweilen und daselbst die strengste Kälte ausstehen, obgleich sie sich in einem sehr heißen Himmelsstriche befanden. Die dünne Luft auf den sehr hohen Bergen machte ihnen zugleich das Athmen schwer. Und wirklich litt dadurch ihre Gesundheit gar sehr. Erst im Jahr 1744 waren sie mit ihrer Arbeit fertig; sie kehrten daher acht Jahre später, als die Lappländische Gesellschaft in ihr Vaterland zurück.

§. 395.

Nun wurden die Resultate dieser berühmten Erdmessungen mit einander verglichen; und da fand sich denn wirklich, daß die Erde eine sphäroidische, an den Polen platt gedrückte Gestalt hat. Denn die Gesellschaft an den Polen hatte den Grad des Mittagskreises daselbst 57422 französische Toisen groß gefunden; die Gesellschaft am Aequator einen Grad daselbst 56753 Toisen. Folglich waren die Grade der Erde in der Nähe der Pole größer (welches von mehr Flachheit der

Erde herrührte), in der Nähe des Aequators kleiner (weil da die Erde mehr angeschwollen, folglich runder war).

In der Folge wurde dieses Alles durch andere Messungen vollkommen bestätigt, z. B. durch diejenige des de la Caille im Jahr 1751, des Boscowich im Jahr 1755, des Beccaria im Jahr 1768, des von Zach im Jahr 1798 u. a. — So ergab sich denn im Durchschnitt, daß die Dicke der Erde zwischen ihren Polen, oder die Größe der Erdaxe, 1714 geographische Meilen betrage; die Dicke der Erde beim Aequator, oder der Durchmesser des Aequators, 1724 geographische Meilen. Der Durchmesser des Aequators ist also zehn Meilen größer als die Erdaxe.

§. 396.

Die Reisen um die Erde konnten natürlich blos die kugelartige Gestalt unseres Planeten bestätigen; die sphäroidische konnte man daraus nicht in Erfahrung bringen. Aber auch in jener Hinsicht sind sie besonders deswegen merkwürdig, weil sie dem Anfänger der Geographie einen offenbaren Beweiß von der runden (kugelartigen) Form der Erde vor Augen legen. Denn wer sich immer nach einerlei Gegend hin bewegt, ohne umzukehren, und am Ende wieder an dieselbe Stelle kommt, von welcher er ausging, der muß doch wohl in die Runde herumgekommen seyn.

Der Portugiese Ferdinand Magellan umschiffte die Erde in den Jahren 1519 bis 1522 zuerst. In den Jahren 1577 bis 1580 that der Engländer Franz Drake dasselbe; sowie im Jahr 1586 bis 1588 Thomas Cavendish; 1598 bis 1601 der Holländer Olivier van Nort; 1689 bis 1691 der Engländer William Dampier; 1740 bis

1744 Georg Anson; 1764 bis 1766 Byron; 1766 bis 1769 Wallis und Carteret; und in denselben Jahren auch der Franzose Bougainville. Der berühmte englische Capitain Cook unternahm seine erste Reise um die Erde, worauf ihn die Naturforscher Banks und Solander begleiteten, in den Jahren 1768 bis 1771; seine zweite Reise in Begleitung des alten und jungen Forster in den Jahren 1772 bis 1775; seine dritte, auf welcher er umkam, 1776 bis 1780. Der russische Capitain Krusenstern umschiffte die Erde mit dem Naturforscher Langsdorf in den Jahren 1803 bis 1806; u. s. w.

§. 397.

Selbst im Laufe des achtzehnten Jahrhunderts gab es — was beinahe unglaublich ist — noch einzelne Gebildete, welche die Umdrehung der Erde um ihre Axe bestreiten wollten. Sie behaupteten unter andern, wenn eine solche Drehung der Erde statt fände, so könnte ein Stein, welchen man von einem Thurme herabfallen ließe, nicht unten an dem Fuße des Thurmes anlangen, weil ja der Stein, während seines Fallens weit nach Osten entfliehen würde. Solche Menschen bedachten aber nicht, daß der fallende Stein eine zusammengesetzte Bewegung hat, erstens die Geschwindigkeit der Erde von Westen nach Osten selbst, und dann die Bewegung seines Falls, wodurch er bis zu dem Fuße des Thurms Diagonalen von Parallelogrammen zu durchfallen gezwungen wird.

Durch schwere Körper, die man von hohen Thürmen herabfallen ließ, ist ja sogar die Axen-Umdrehung der Erde direct erwiesen worden. Bewegt sich nämlich die Erde um ihre Axe, so hat jede Stelle der Oberfläche eine gewisse Geschwindigkeit

und Schwungkraft. Die verschiedenen Punkte eines hohen Körpers, z. B. eines Thurmes, können aber nicht alle einerlei Geschwindigkeit, folglich auch nicht einerlei Schwungkraft haben. Diese muß desto größer seyn, je höher der Punkt ist. Denn der höhere Punkt beschreibt ja bei der Axen-Umdrehung einen größern Bogen, als der niedrigere, wenn der Unterschied, in Vergleich gegen den Halbmesser der Erde, auch nur geringe ist. Fällt nun ein Körper von einem solchen höhern Punkte herab, so kann er nicht genau die senkrecht unter ihm liegende Stelle treffen. Er muß vielmehr vorwärts nach Osten hin fallen, weil er, ehe er zu fallen anfing, schon eine größere Geschwindigkeit als die unter ihm liegende Stelle hatte, z. B. die Spitze eines hohen Thurms eine größere, als der Fuß desselben.

§. 398.

Schon Newton hatte gezeigt, daß fallende Körper östlich von der senkrechten Linie abweichen müssen; und Hook stellte deshalb schon Versuche an. Aber diese Versuche führten zu nichts, weil die Fallhöhen, deren Hook sich bediente, zu gering waren, nämlich nur 30 Fuß betrugen. In der neuern Zeit stellten der Italiener Guglielmini und der Deutsche Benzenberg vollkommnere Versuche an, welche zu einem ordentlichen Resultate führen mußten. Letzterer machte seine Versuche im Jahr 1802 auf dem ausgezeichnet hohen Michaelisthurme zu Hamburg, und zwar an luftstillen Tagen und mit besonderer Sorgfalt. Von 31 schweren Kugeln, die durch einen Raum von 235 Fuß herabfielen, wichen 21 nach Osten zu ab; alle aber zeigten wenigstens das Bestreben an, nach Osten zu hinfallen zu wollen; Nebenumstände veränder-

ten die Richtung von einigen. Auf jeden Fall wurde dadurch die Axen-Umdrehung der Erde von Westen gen Osten bestätigt.

Guglielmini beschrieb seine Versuche im Jahr 1792. Auch die Experimente des la Place stimmten damit überein. Schwer ist es allerdings, solche Versuche mit der erforderlichen Genauigkeit anzustellen.

§. 399.

Die Gestalt des Mondes genauer zu erforschen, war ein Hauptaugenmerk mancher Astronomen des achtzehnten Jahrhunderts. Schon im siebzehnten Jahrhundert hatte Hevel (Hevelius) in Danzig die Höhen von Mondsbergen ziemlich richtig gemessen. Er entwarf auch schon, wie Riccioli zu Bologna es gleichfalls that, Mondcharten oder Landcharten vom Monde; und Hevel sowohl, als Riccioli gaben den ausgezeichneten Mondflecken, wie wir schon wissen, Namen, ersterer von verschiedenen Ländern und Meeren unserer Erde; letzterer von berühmten Astronomen und andern Gelehrten. Die neuern Astronomen setzten noch mehr solche Namen hinzu. So gab es denn im Monde ein kaspisches Meer, ein adriatisches Meer, ein mittelländisches Meer, einen Seneka, einen Plinius, einen Archimedes, einen Aristoteles, einen Peurbach, einen Regiomontan, einen Kopernikus, einen Tycho, einen Kepler, einen Dörfel, einen Leibnitz, einen Huyghens, einen Tobias Mayer ꝛc.

Mit den Herschelschen Spiegelteleskopen (§. 184.) sind, von Herschel selbst, vorzüglich aber von Schröter zu Lilienthal, die meisten Entdeckungen am Monde gemacht worden. Als man diesen Himmelskörper früher mit unvollkommnern Werkzeugen und nicht so genau betrachtete, da schien es, als

wenn er durch Feuer und Dampf zerrüttet sey und aus furchtbar öden Gebirgen, Thälern, Klüften ꝛc. bestehe, die zum Aufenthalt lebender Wesen gar nicht geeignet seyen. Als aber jene Männer mit ihren trefflichen Fernröhren ihn auf das genaueste betrachteten, da offenbarte sich ihren Augen der herrlichste Schauplatz einer andern Welt, da sahen sie in seinem Bau die überraschendste Aehnlichkeit mit dem Bau unserer Erde, da erblickten sie eben solche landschaftliche Schattirungen auf der Mondfläche, als die Erdfläche zeigen würde, wenn wir sie vom Monde aus beobachten würden, da unterschieden sie auf der Mondfläche deutlich ebene Flächen, Gebirge, Thäler ꝛc. von verschiedener Form und Größe.

§. 400.

Herschel, Schröter und andere unermüdet thätige Astronomen fanden es durch ihre Messungen bestätigt, daß der Mond noch höhere Berge hat, als unsere Erde; z. B. in denjenigen Gebirgsketten, welche Dörfel und Leibnitz heißen, sind Bergspitzen, welche höher als der Chimborasso in Amerika sind. Der Schatten der Monds-Berge, welcher deutlich gesehen werden kann, gab dem Schröter das beste und bequemste Mittel an die Hand, die Höhen der Mondsberge zu messen. Die Höhen der Berge auf Erden vermöge des Schattens mathematisch zu bestimmen, hatte man schon längst in Ausübung gebracht.

Schröter und Herschel wurden durch ihre Beobachtungen auch überzeugt, daß die ringförmigen Einsenkungen des Mondes wahre kraterähnliche und zwar leere Behältnisse sind. Sie verglichen sie mit den wirklichen Kratern der Erd-Vulkane. Sie sahen deutlich genug, daß solche Krater

und Ringgebirge nicht durch Wirkungen von Außen her, sondern von Innen heraus entstanden seyn konnten. Auch die Tiefe solcher Einsenkungen maß Schröter mittelst des Schattens.

§. 401.

Aus Herschels und Schröters Mond-Beobachtungen ergab sich ferner, daß der Mond nicht so viele Quellen und keine so beträchtliche Flüsse, wie unsere Erde haben konnte. Denn 4000 bis 5000 Fuß breite Flüsse würden jene verdienstvollen Männer mit ihren Fernröhren wahrgenommen haben. Einen Ocean haben sie nie darin gesehen; auch keine so beträchtlichen Meere, wie unsere Erde sie hat.

Eine Atmosphäre oder eine durchsichtige aus sehr feinen Stoffen bestehende Hülle (wie die Lufthülle, die unsere Erde rings um sich herum besitzt) haben die Astronomen auch dem Monde zugeeignet. Aber diese Mond-Atmosphäre mußte nothwendig weit feiner, auch trockner als die Erd-Atmosphäre seyn. Denn letztere verliert durch aufgestiegene Dünste (Nebel oder Wolken) seine Durchsichtigkeit oft ganz. Bei dem Monde ist nie so etwas bemerkt worden. — Die große Summe von interessanten Entdeckungen, welche Schröter an dem Monde machte, beschrieb er im Jahr 1791 in einem höchst wichtigen Werke (Selenotopographische Fragmente).

§. 402.

Die stärkste Kraft, welche auf den Mond wirkt, ist die Schwerkraft unserer Erde, wodurch jener Trabant gleichsam an die Erde gebunden ist. Aber auch die Attraction der Sonne wirkt auf ihn, und stört seine elliptische Bewegung.

Auch die übrigen himmlischen Körper wirken vermöge ihrer Schwere immer etwas auf den Mond; aber die dadurch hervorgebrachten Effekte sind so gering, daß man sie nicht zu beachten pflegt. — So betrachtet man ja auch bei den Bewegungen des Saturns und Jupiters nur diejenigen Ungleichheiten, welche die gegenseitigen Anziehungen dieser Planeten auf einander erzeugen.

Galilei hatte das (scheinbare) periodische Wanken oder Schwanken des Mondes, welches man Libration nennt, schon deutlich darin wahrgenommen, daß einige Flecken des Mondes sich dem Mondrande näherten, andere von dem entgegengesetzten Rande sich mehr entfernten und mehr nach der Mitte des Randes hinkamen. Newton aber entdeckte mittelst der Gravitationstheorie vier bedeutende Ungleichheiten in der Mondbewegung: die Variation; die jährliche und rückläufige Bewegung der Knoten der Mondsbahn; die Hauptgleichung oder Ungleichheit der Knoten-Bewegung; und die Aenderung der Neigung der Mondsbahn gegen die Ebene der Ecliptik. Indessen war Newtons Theorie des Mondes noch unzureichend für die feinere Sternkunde. Euler, Clairaut und d'Alembert suchten ums Jahr 1747, durch Hülfe der bis dahin gemachten Fortschritte in der Analysis, Alles genauer und besser zu machen. Die Mondstheorien dieser drei Gelehrten sind den Sammlungen der Pariser Akademie von den Jahren 1752, 1753 und 1754 einverleibt worden.

§. 403.

Euler vermehrte seine großen Verdienste um die mathematischen Disciplinen durch seine Theorie der Bewegungen

des Saturns und Jupiters, welche den Preis der Pariser Akademie für das Jahr 1748 erhielt. Er zeigte in seiner Preisschrift auf das Scharfsinnigste, daß Saturn und Jupiter sich gegenseitig in ihren elliptischen Bewegungen stören. Noch vollkommener behandelte derselbe berühmte Mann denselben Gegenstand in einer andern mit den tiefsten Rechnungen ausgestatteten Schrift, welche von der Pariser Akademie im Jahr 1752 einen doppelten Preiß erhielt. Als dieselbe gelehrte Akademie für das Jahr 1756 einen doppelten Preiß für die beste Theorie der Ungleichheiten, welche die Planeten in der Bewegung der Erde verursachen können, ausgesetzt hatte, so gewann Euler auch diesen.

Eine eigne Methode über denselben Gegenstand machte Clairaut im Jahr 1757 der Pariser Akademie bekannt. Er fügte den von Euler betrachteten Störungen noch die Wirkung des Mondes bei, um dieselbe Theorie zu vervollständigen.

§. 404.

Der berühmte, 1720 geborne und 1762 gestorbene Göttingische Astronom Mayer hatte in den Jahren 1754 und 1759 theils nach Eulers Theorie, theils nach eignen Beobachtungen Mondstafeln verfertigt, welche genauer waren als alle bisherige. Da man solche Tafeln auch zur Bestimmung der geographischen Länge auf der See gebrauchen konnte, so erhielten Mayers Erben dafür einen Theil der von England aus auf die Erfindung der Meereslänge ausgesetzten Belohnung, nämlich 3000 Pfund Sterlinge. Im Jahr 1767 erschienen diese Tafeln, sammt der Mayerschen Mondstheorie, zu London. Auch in den Berliner Sammlungen ka=

men sie heraus. Mason verbesserte sie durch eine große Reihe von Beobachtungen, wie man sie in der Astronomie des la Lande vom Jahr 1790 findet.

Aehnliche gute Tafeln verfertigte auch Clairaut im Jahr 1764. Sowohl Mayer, als Clairaut hatten durch eine geschickte Verbindung der Observationen mehrere Gleichungen bestimmt, die man aus dem Gravitations-Systeme hatte hinwegbringen müssen. Euler verfiel im Jahr 1769 auf eine neue Methode, die Ungleichheiten des Mondes zu bestimmen, und verfertigte darnach neue Mondstafeln, worin die Zahl der Gleichungen geringer und der Gebrauch bequemer ist, als bei den frühern Verfahrungsarten. Ein vortreffliches Werk vom Jahr 1772 (Theoria motuum lunae etc.) beurkundet Eulers Genie und die daraus abgeflossenen schönen Entdeckungen. Weil Euler damals fast ganz blind war, so führte sein geschickter Sohn Albert Euler, in Gemeinschaft mit des Vaters Schülern Krafft und Lexell, die Berechnungen jenes hochberühmten Mannes aus. In den Jahren 1770 und 1772 erhielt Euler abermals ansehnliche Preise für die neue vereinfachte Mond-Theorie. In der neuesten Zeit haben die geschickten Astronomen von Zach in Gotha und Bürg in Wien die Mondstafeln noch weiter vervollkommnet.

§. 405.

Wie außerordentlich stark die anziehende Kraft der Sonne ist, welcher alle Planeten untergeordnet sind, kann man leicht denken. Die französischen Astronomen de la Lande, la Place, sowie unser Kästner u. a. haben das Verhältniß der Stärke dieser Kraft gegen die Schwerkraft der Erde aus der ungeheuern Masse jenes Weltkörpers zu bestimmen gesucht. Käst-

ner fand durch scharfsinnige Rechnungen, daß die Masse der Sonne 346230 ist, wenn man die Masse der Erde zur Einheit annimmt. Er nahm die Sonnenparallaxe zu $8\frac{7}{10}$ Sekunden und die Mondparallaxe zu 57 Minuten 21 Sekunden an. Und daraus berechnete er, daß der Sonnenhalbmesser $112\frac{79}{100}$ Erdhalbmessern gleich ist, daß der Fall eines Körpers auf der Sonne in einer Sekunde $409\frac{64}{100}$ Fuß betragen würde; u. dgl. mehr.

Halley hatte schon Sonnentafeln (Tafeln über den Sonnenlauf) verfertigt, bei welchen auf die Perturbationen oder Störungen Rücksicht genommen wurde. De la Caille, Tobias Mayer und um's Jahr 1790 von Zach lieferten vollkommnere. Solche Tafeln waren vornehmlich zur Bestimmung der Tageszeit sehr nützlich.

§. 406.

Was die Beschaffenheit des Sonnenkörpers selbst betrifft, so sind darüber in ältern Zeiten mancherlei abentheuerliche oder unnatürliche Erklärungen zum Vorschein gekommen. Da die Sonne so große Hitze auf unserer Erde erregt, und mit Hülfe von Brenngläsern und Brennspiegeln noch weit größere zu erregen vermag, so konnte es nicht fehlen, daß man sich diesen Himmelskörper als ein ungeheures Feuermeer dachte, von welchem Flamme und Hitze höchst gewaltsam fortschoß. Diese Meinung hatten unter andern im siebzehnten Jahrhundert noch Kircher, Scheiner und Zahn. Auch Wolff hatte noch zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts denselben Gedanken.

In späterer Zeit, wo so manche Zweige der Naturwissenschaften sich vervollkommneten, wo z. B. die Theorie der

Wärme und des Lichts berichtigt und zur Erregung oder Verstärkung dieser beiden Erscheinungen manche neue Mittel aufgefunden wurden, ist es unter andern auch klar geworden, daß manche Stoffe (z. B. Lichtmaterie) gar wohl Wärme, sogar einen äußerst starken Grad von Hitze erregen konnten, ohne daß sie selbst heiß zu seyn brauchten. Mehrere geschickte Astronomen, z. B. der verdienstvolle Berliner Astronom Bode, nahmen die Hypothese an, die Sonne sey eine mit elektrischem Feuer umgebene Kugel, dieses Feuer selbst aber werde (auf ähnliche Art wie bei einer in Thätigkeit befindlichen Elektrisirmaschine) durch den außerordentlich schnellen Umschwung der Sonne um ihre Axe erzeugt. In die leuchtende elektrische Materie sey der ursprünglich dunkle kugelförmige Sonnenkörper wie in eine Atmosphäre eingehüllt.

§. 407.

Da die Sonne zuweilen, wenn man sie durch ein Fernrohr betrachtet, schwarze Flecken zeigt, die mit einem bräunlichen Rauche oder Nebel umgeben zu seyn scheinen, und da bei einem irdischen Feuer Flamme und Rauch mit einander verbunden zu seyn pflegen, so war das den ältern Astronomen ein Grund mehr, die Sonne für ein ungeheures Feuermeer zu halten. Solche Flecken wurden zu Anfange des siebzehnten Jahrhunderts, gleich nach Erfindung der Fernröhre, von Fabricius, Scheiner, Galilei, Harriot u. a. beobachtet. Damit bei solchen Beobachtungen die Sonne die Augen nicht blende und ihnen nicht schade, so machte man besondere Vorkehrungen; man fing z. B., wie Scheiner und Hevel es thaten, das Sonnenbild in einem dunkeln Zimmer auf einer Ebene hinter dem Fernrohre auf; oder man

setzte ein gewöhnliches, blos dunkel gefärbtes oder an einer Lampe schwarz angelaufenes Glas vor die Okularlinse des Fernrohrs, wie es in neuern Zeiten gewöhnlich geschieht.

§. 408.

Besonders stellte schon Scheiner viele Beobachtungen über die Sonnenflecken und Sonnenfackeln (die hellen Stellen) an. König in Mannheim, Schröter in Lilienthal und andere bemerkten oft ganze Gruppen von Flecken an Stellen, wo viele Jahre lang gar keine gesehen wurden. Und so erblickte man bis auf die neueste Zeit oft viele, dann wieder wenige und zuweilen gar keine Flecken. Dies war den Astronomen in mancher Hinsicht räthselhaft. Nicht selten erschienen die anfangs kleinen Flecken-Gruppen größer und zogen sich dann oft in einen einzigen großen Flecken zusammen, der wohl über 6000 Meilen lang war. Hernach wurden sie wieder kleiner und kleiner, verschwanden auch wieder gänzlich u. s. fort.

Auch eine ziemlich ordentliche Bewegung bemerkten die neuern Astronomen an den Sonnenflecken. Sie schienen nämlich fast immer parallel über die Oberfläche der Sonne hinzulaufen, und zwar vom östlichen Rande derselben nach dem westlichen, hinter welchen sie sich dann verbargen. Am östlichen Rande kamen sie nach einiger Zeit, ohngefähr nach 14 Tagen, wieder zum Vorschein; u. s. w.

§. 409.

Aus einer solchen Bewegung der Flecken, die immer nach einer gewissen Richtung hin geschah, schloß man nämlich die Umdrehung der Sonne um ihre Axe. Das thaten schon Fabricius und Scheiner. Genauere Methoden, die Zeit

dieser Umdrehung zu erforschen, stellten im achtzehnten Jahrhundert Hausen, de l'Isle, Cassini, Kästner, Albert Euler, Fixlmillner, de la Lande, Schröter u. a. auf. Uebrigens hatte schon Kepler, vor Entdeckung der Sonnenflecken, eine Idee sich davon gemacht, wie die Sonne durch Umdrehung um ihre Axe die Planeten mit sich führen könnte.

Wenn man die Sonnenflecken selbst für Rauch, oder auch wohl für Wolken erklärte, so war das Unzulängliche oder Unstatthafte dieser Erklärung leicht einzusehen. De la Hire's Erklärung war die erste vernünftige, die auch im Ganzen jetzt noch von den ersten Astronomen als die wahrscheinlichste angenommen wird. Die Sonne selbst ist nämlich ein dunker Körper, der eine Atmosphäre von Lichtmaterie um sich herum hat, auf ähnliche Art, wie unsere Erde rings um sich herum eine Hülle von Luft besitzt. Die Flecken aber sind blos Hervorragungen von festen Massen der Sonne da, wo die Lichthülle dünner über ihnen sich befindet. Es wird beständig frisches Licht um der Sonne herum (vielleicht durch die schnelle Axen-Umdrehung derselben) entwickelt. Nun kann aber zu gewissen Zeiten die Summe der Lichtmaterie geringer, die Lichthülle also dünner seyn, und dann erscheinen neue Flecken oder auffallend viele; u. dgl. Im Allgemeinen stimmen mit dieser Hypothese die Erklärungen des de la Lande, des Bode, des Schröter u. a. überein. Daß sie die wahrscheinlichste ist, scheint auch die regelmäßige Bewegung der Flecken nach bestimmter Richtung zu bestätigen.

§. 410.

Die seit den ältesten Zeiten bekannte Anzahl von Plane-

ten (§. 267.) erhielt im Jahr 1781 die erste Bereicherung. Denn am 13ten März dieses Jahres entdeckte Herschel einen neuen Planeten, welcher Uranus, damals bisweilen aber auch Coelus oder Herschel genannt wurde. Früher hatte man diesen Planeten für einen kleinen Fixstern gehalten, weil seine Bewegung langsam ist. In den Jahren 1787, 1790 und 1794 entdeckte Herschel sogar auch sechs Trabanten seines Uranus.

In den ersten Jahren des neunzehnten Jahrhunderts wurden noch vier andere Planeten entdeckt, nämlich Ceres am 1ten Januar 1801 von Piazzi in Palermo, Pallas am 28sten März 1802 von Olbers in Bremen, Juno am 1ten September 1804 von Harding in Lilienthal (jetzt in Göttingen), und Vesta am 29sten März 1807 wieder von Olbers. Diese vier neuesten Planeten erscheinen am Himmel als Sterne der fünften und sechsten Größe. Sie laufen in dem Raume zwischen dem Mars und Jupiter um die Sonne, und zwar Vesta zuerst, dann Ceres, hierauf Pallas und zuletzt Juno.

§. 411.

Schon mehrere Jahre vor der Entdeckung jener vier neuesten Planeten fand man den Zwischenraum zwischen den Bahnen des Mars und Jupiters ganz unverhältnißmäßig groß; deswegen glaubten schon damals einige Astronomen, es müsse zwischen Mars und Jupiter noch ein besonderer Hauptplanet laufen, den man wegen seines geringen Lichts oder wegen seiner geringen Größe noch nicht habe finden können. Dieselben Astronomen gründeten ihre Meinung vorzüglich auf ein merkwürdiges Verhältniß, welches die damals bekannten sieben

Hauptplaneten (Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn und Uranus) in Hinsicht ihres Abstandes von der Sonne beobachteten. Wenn sie nämlich die Entfernung des Saturns von der Sonne durch die Zahl 100 ausdrückten, so erhielt von solchen Theilen Merkur 4; Venus 4 und 3 (7); die Erde 4 und 2 mal 3 (10); Mars 4 und 4 mal 3 (16). Jetzt würde, nach demselben Gesetze des Fortgangs, 4 und 8 mal 3 (28) haben folgen müssen, wo man aber damals noch keinen Planeten fand. Hierauf kommt Jupiter wieder mit der Entfernung 4 und 16 mal 3 (52); Saturn 4 und 32 mal 3 (100); und endlich Uranus mit 4 und 64 mal 3 (196).

Jene Lücke zwischen Mars und Jupiter füllten nun die vier neuesten Planeten aus. Sie sind klein und laufen in engen Kreisen um einander herum, besonders Ceres und Pallas. Deswegen vermuthete der berühmte Astronom Olbers in Bremen, daß sie aus den Trümmern eines großen zerborstenen Planeten entstanden seyn möchten, der früher seine Bahn zwischen Mars und Jupiter hatte, und daß von solchen Trümmern vielleicht noch mehrere, bisher noch unentdeckte vorhanden seyn möchten.

§. 412.

Der berühmte Gauß in Göttingen bestimmte kurze Zeit nach ihrer Entdeckung ihre Bahnen so genau, daß man sie zu jeder Zeit am Himmel auffinden und von einander und von den Fixsternen unterscheiden kann. Seine Methoden machte er im Jahr 1809 in einem vorzüglichen Werke (Theoria motus coporum coelestium) bekannt.

La Place nannte die vier neuesten Planeten teleskopische Planeten, weil sie nur durch Fernröhre ge-

sehen werden können; Herschel nannte sie Asteroiden; andere Astronomen nannten sie auch wohl Planetoiden, weil sie so klein sind, weil ihre Bahnen länglichter sind, als die der übrigen Planeten, weil sie sich weiter von der Ecliptik entfernen, als die übrigen, weil sie eine eigne Atmosphäre haben, die der Atmosphäre der Kometen gleicht u. s. w. Vesta ist beinahe 15000mal kleiner, als die Erde, Juno 172 mal; Ceres 116mal; Pallas 53mal. Die Entfernung der Vesta von der Sonne beträgt 49; der Juno 55$\frac{3}{7}$, der Ceres und der Pallas 57$\frac{17}{10}$ Millionen Meilen. Vesta vollendet ihren Lauf um die Sonne in 3 Jahren, 324 Tagen, 9 Stunden und 15 Minuten; Juno in 4 Jahren, 131 Tagen, 10 Stunden und 30 Minuten; Ceres in 4 Jahren, 220 Tagen, 5 Stunden und 52 Minuten; Pallas in 4 Jahren, 221 Tagen, 15 Stunden und 35 Minuten.

§. 413.

Bei den übrigen Planeten hat die neuere Sternkunde in Hinsicht der Größe, der Entfernung von der Sonne, der Umlaufszeit rc. auch manches berichtigt, was ältere Astronomen noch nicht so genau angeben konnten. Daß Merkur der Sonne näher als die Venus ist, ergab sich schon aus den Bedeckungen des Merkurs durch die Venus, wie man sie in den Jahren 1599 und 1735 beobachtete. Man fand, daß Merkur seinem körperlichen Raume nach gegen 22mal kleiner ist, als unsere Erde, daß seine Entfernung von der Sonne 8 Millionen Meilen beträgt (während unsere Erde gegen 21 Millionen Meilen von der Sonne entfernt ist) und daß er seine 50 Millionen Meilen große Bahn in 87 Tagen, 23 Stunden, 14 Minuten zurücklegt.

Mit sehr guten Fernröhren sahen Herschel, Schröter u. a. Merkurs Lichtgestalten, die eine solche Beschaffenheit haben, daß sie wohl derjenigen unserer Erde gleich seyn möchten. Seine Flecken waren schwerer zu bemerken, als bei andern Planeten, weil er der Sonne zu nahe ist, und sein Licht für uns die meiste Zeit von dem Sonnenlichte überwältigt wird. Doch fand Schröter so hohe und noch höhere Berge auf ihm, als unsere Erde sie besitzt. Den Durchgang (eigentlich Vorübergang) des Merkurs durch die Sonne hatte man den 7ten November 1631, acht Tage vor Keplers Tode, der ihn vorher sagte, zuerst beobachtet. Seit dieser Zeit hat dasselbe Phänomen sich noch vielemal ereignet, zuletzt den 5ten November 1822; erst den 5ten Mai 1832 wird es sich von neuem ereignen.

§. 414.

Die durch schönes glänzendes Licht sich auszeichnende Venus, welche man von jeher auch Morgen- und Abendstern nannte, fand man ohngefähr so groß, wie unsere Erde, in einer 15 Millionen Meilen großen Entfernung von der Sonne und ihre 94½ Millionen große Bahn in 224 Tagen, 16 Stunden und 41 Minuten durchlaufend. Sie gewährt dem gut bewaffneten Auge ähnliche Licht-Erscheinungen, wie Merkur; man entdeckt dann in ihr auch sowohl dunkle Flecken, als Berge, wovon manche wohl fünfmal höher sind, als die höchsten Berge unserer Erde. Dem berühmten Schröter verdankt man die meisten und genauesten dieser Entdeckungen. Derselbe vortreffliche Beobachter bestimmte die Umdrehungszeit um ihre Axe zu 23 Stunden, 21 Minuten, nur eine Minute mehr, wie Cassini sie angegeben hatte.

Den Durchgang der Venus durch die Sonne hat man erst dreimal beobachtet, nämlich in den Jahren 1639, 1761 und 1769. Erst am 6ten December 1882 ereignet sich dieselbe Erscheinung wieder.

§. 415.

Der mit röthlichtem Lichte leuchtende Mars ist ohngefähr 5mal kleiner als unsere Erde gefunden worden. In einer Entfernung von beinahe 32 Millionen Meilen von der Sonne vollendet er seine Bahn um dieselbe in 1 Jahre, 321 Tagen, 16 Stunden und 16 Minuten. Durch gute Fernröhre beobachteten die neuern Astronomen auch seine Lichtgestalten und Flecken; und aus den Bewegungen der letztern wurden sie gewahr, daß er sich in 24 Stunden, 39 Minuten und 21 Sekunden um seine Axe wälzt.

Jupiter, der größte aller Planeten, ist seinem körperlichen Raume nach fast anderthalb tausendmal größer, als unsere Erde, ist von der Sonne über 108 Millionen Meilen entfernt und durchläuft seine 680 Millionen große Bahn in 11 Jahren, 312 Tagen, 20 Stunden und 39 Minuten. Alles was bei diesem Planeten einer genauern Bestimmung möglich war, ist von den neuern Astronomen geleistet worden. Da die Axen-Umwälzung dieses großen Weltkörpers in 9 Stunden, 56 Minuten geschieht, so hat er, was man mit Fernröhren deutlich sieht, eine sehr abgeplattete Gestalt angenommen. Der Umlauf seiner vier Trabanten, die Verfinsterung derselben u. dgl. ist gleichfalls sehr genau, z. B. von la Place, Herschel u. s. w. bestimmt worden. Daß die Verfinsterung der Jupiterstrabanten dem Römer im Jahr 1675 zur Bestimmung der Licht-Geschwindigkeit Veranlas-

ſung gab, (§. 203.) war freilich ein großes, wichtiges Ereigniß.

§. 416.

Der faſt 199 Millionen Meilen von der Sonne entfernten Saturn iſt ohngefähr 1037mal größer als unſere Erde und legt ſeine 1248 Millionen Meilen große Bahn in 29 Jahren, 154 Tagen, 13 Stunden und 16 Minuten zurück. Er iſt, vornehmlich nach Herſchels und Schröters Beobachtungen, wegen ſeiner ſchnellen Axen-Umdrehung, die er in 10 Stunden, 16 Minuten und 15½ Sekunden vollendet, merklich abgeplattet. Jene beiden Männer nahmen auf ihm nicht blos die gewöhnlichen Flecken, ſondern auch eigne graue Streifen wahr, die ſie für atmoſphäriſche Erſcheinungen hielten.

Saturns Ring, welchen Galilei und Gaſſendi ums Jahr 1612 als eine bloße helle Erſcheinung wahrnahmen, welchen aber Huyghens im Jahr 1660 zuerſt als einen Ring erkannte, iſt in der neuern Zeit vornehmlich von Herſchel und Schröter ſehr ſorgfältig und genau beobachtet worden. Er erſchien zu gewiſſen Zeiten als ein ordentlicher elliptiſcher Ring, zu andern Zeiten als eine feine gerade Linie, zu noch andern als bloße mit dem Saturn verbundene Henkel; u. ſ. fort. Durch fortgeſetzte Beobachtungen mittelſt ſehr ſtark vergrößernder Fernröhre, entdeckte Herſchel ſogar, daß der Ring doppelt iſt oder aus zwei concentriſchen Ringen von ungleicher Größe und Breite beſteht; den äußerſten ſchmalſten Ring berechnete er auf 40500 geographiſche Meilen, und die Zeit ſeiner gänzlichen Umdrehung um den Saturn auf 10 Stunden und 32 Minuten. Zwiſchen dem

äußern und innern Ringe fand er einen leeren Raum, dessen Breite $\frac{14}{214}$ des Halbmessers der Saturnskugel beträgt.

§. 417.

Den Schatten, den der Doppelring auf den Saturn wirft, sahen Herschel, Schröter und andere geschickte Beobachter deutlich: und daraus schlossen sie, daß er, wie Saturn selbst, ein dunkler undurchsichtiger Körper seyn müsse. Aus seiner Unebenheit und seinen Flecken zog man zugleich den Schluß, daß er auch bedeutend hohe Berge enthält. Die Verfinsterung, welche sein Schatten auf dem Saturn bewirkt, muß an denjenigen Stellen, wo er hinfällt, viele Jahre lang dauern.

Aber was hat es sonst wohl für eine Bewandniß mit dem merkwürdigen Doppelringe? und wie ist er entstanden? Das können wir freilich, wie so vieles andere, nicht mit Gewißheit angeben. La Place vermuthete, er bestehe aus Zonen oder Streifen, welche die Atmosphäre des Saturns in verdichteter Gestalt, vermöge des Schwunges abgesetzt habe. Der Königsberger Philosoph Kant meinte, der Saturn mit seinem Ringe wäre aus einem Kometen entstanden, der sich um seine Axe drehte; und bei dieser Umwälzung habe sich der Schweif des Kometen in den Ring verwandelt. Wahrscheinlicher ist aber wohl die Erklärung mehrerer Astronomen, daß sich von dem Saturn, als er noch flüssig war, und von dem Schöpfer in Umschwung gesetzt wurde, gewisse leichtere Materien absonderten und erhärteten, ohne daß ihr Schwung selbst dadurch vernichtet wurde.

§. 418.

Nachdem Huyghens im Jahr 1655 einen, Cas-

sini in den Jahren 1671 bis 1684 vier Saturns-Trabanten entdeckt hatte, so entdeckte Herschel mit seinem Riesenteleskope im Jahr 1789 noch zwei neue, und zwar gerade die, welche sich zunächst um den Saturn bewegen. So hat also dieser Planet nun sieben Begleiter, deren Größe, Abstand von einander und von dem Saturn, und Bewegungen sich viel schwerer, als bei den Jupiterstrabanten bestimmen ließen. Doch ist auch darin von den neuern Astronomen sehr viel geschehen. Abstand und Umlaufszeit ist von allen sieben möglichst genau in Erfahrung gebracht worden; die Größe aber nur von dem dritten bis siebenten.

Verfinsterungen der Saturnstrabanten hat man gleichfalls wahrgenommen. Bei einigen von ihnen war diese Beobachtung mit vielen Schwierigkeiten verknüpft.

§. 419.

Uranus, der entfernteste aller bekannten Planeten, den man nur mit guten Fernröhren sieht, ist ohngefähr 90mal größer, als unsere Erde gefunden worden. Seine Entfernung von der Sonne beträgt fast 400 Millionen Meilen und seine 2500 Millionen Meilen große Bahn legt er in 83 Jahren, 274 Tagen, 8 Stunden und 38 Minuten zurück.

In den Jahren 1787, 1790 und 1794 entdeckte Herschel mit seinem vierzigfüßigen Teleskope sechs Uranus-Trabanten, und vor wenigen Jahren noch zwei, so, daß man also jetzt acht Begleiter des Uranus kennt. Wer weiß, ob er nicht noch mehr hat; denn nach einer sehr weisen Anordnung Gottes scheint mit der Entfernung der Trabanten von der Sonne ihre Zahl zuzunehmen. Nach Herschels Versicherung gehört schon die Beobachtung der sechs ersten

Uranustrabanten zu den allerfeinsten Gegenständen der Astronomie. Und doch ist es ihm geglückt, ihre Abstände und ihre Umlaufszeiten möglichst genau zu berechnen.

Herschel nahm auch eine eigne sonderbare vierblättrige Gestalt an dem Uranus selbst wahr; und daraus glaubte er wohl schließen zu dürfen, daß dieser Planet gleichfalls von ein Paar Ringen, und zwar so umgeben seyn möchte, daß sie sich, wie die Ringe einer Armillarsphäre, durchkreuzen.

§. 420.

Durch genauere und sorgfältigere Beobachtungen des gestirnten Himmels wurde es den neuern und neuesten Astronomen möglich, bessere und reichhaltigere Sternen-Verzeichnisse, Sterncharten oder Himmelsatlasse zu verfertigen, wie wir sie dem Bradley, Oriani, Pond, Brinkley, Bessel, Piazzi, Bode, und Harding verdanken. Vollkommnere Sternenverzeichnisse dienten nicht blos als bessere Hülfsmittel zur Kenntnisse der Gestirne, sondern hatten auch einen wichtigen Einfluß auf vollkommnere Berechnungen der bei Planeten vorkommenden Erscheinungen, besonders zur Hervorbringung möglichst genauer Planetentafeln. Dazu trugen auch die in der neuesten Zeit in so vorzüglichem Grade verfertigten astronomischen Werkzeuge bei, sowie die verbesserten Theorien, namentlich die la Placesche, über die gegenseitigen Störungen der Himmelskörper.

§. 421.

So bearbeitete Bouvard in Frankreich auf jenem bessern Wege die Jupiters- und Saturnstafeln. In Deutschland nahm seit mehreren Jahren von Lindau auf der Sternwarte Seeberg bei Gotha dieselbe Arbeit mit den übrigen Pla-

neten vor; im Jahr 1810 kamen die Venustafeln, und etwas später die Marstafeln und Merkurstafeln zum Vorschein.

Erst seit dem Anfange des neunzehnten Jahrhunderts war man viel ernstlicher, wie vorher, darauf bedacht, die nicht unbeträchtlichen Störungen des Mars genauer zu untersuchen, um möglichst vollkommene Marstafeln liefern zu können. Besonders gaben sich Burckhardt, Oriani, Schubert und Wurm viele Mühe, durch sorgfältige mühevolle Berechnungen nach verschiedenen Methoden, zu erwünschten Resultaten zu gelangen. Auf diese Art lieferte der treffliche würtembergische Astronom Wurm schon im Jahr 1800 (in von Zachs monatlicher Correspondenz) eine sehr gute Zusammenstellung jener Berechnungen. Mit noch größerer Vollständigkeit erhielten wir nicht lange darauf solche Zusammenstellungen, sowie auch von den übrigen ältern Planeten, durch la Place (in seiner Mechanik des Himmels). Vor Lindenau, der von des la Place Berechnungen über die Störungen Gebrauch machte, lieferte der Franzose le François im Jahr 1801, der Italiener Oriani ebenfalls im Jahr 1801, der Portugiese Monteiro da Rocha 1802 und der Deutsche Triesnecker 1805 neue Marstafeln.

§. 422.

Daß der Merkur ehedem den Astronomen viel zu schaffen machte, und daß man seine Theorie erst in neuerer Zeit möglichst berichtigen konnte, wissen wir schon. Selbst noch vor 40 Jahren waren die Merkurs-Beobachtungeu ziemlich selten, und sind es auch jezt noch einigermaßen, in Vergleich gegen die Beobachtungen der übrigen Planeten.

La Lande hatte Merkurstafeln berechnet, und man war begierig, wie sie sich bei dem Durchgange des Merkurs durch die Sonne im Jahre 1786 zeigen würden. Als die Erscheinung erfolgte, da sah man, wie jene Tafeln fast noch um eine Stunde von der Wahrheit abwichen. Im Jahr 1792 berichtigte der berühmte französische Astronom seine Tafeln. Oriani that dasselbe im Jahr 1798 und Triesnecker im Jahr 1806.

Die la Landeschen und Triesneckerschen Marstafeln enthalten keine Störungsgleichungen. Aber Oriani hatte diese schon im Jahr 1796 für die Mayländer Ephemeriden berechnet. La Place brachte noch vollständigere zum Vorschein. Wurm und von Lindenau bearbeiteten mit Ehren denselben Gegenstand, sowie in den allerneuesten Zeiten Bernard Nicolai. — Die seit dem Jahr 1820 von Schumacher in Altona erschienenen astronomischen Hülfstafeln sind trefflich und sehr nutzbar.

§. 423.

Die Berechnungen der Sonnenfinsternisse, der Fixstern- und Planeten-Bedeckungen, und der Durchgänge der Planeten durch die Sonne sind in den neuesten Zeiten überhaupt nach verschiedenen Methoden mit mehr Vortheil und mit besonderer Genauigkeit angestellt worden, vornehmlich weil man mit der rein analytischen Methode die Darstellung nach einer orthographischen Projection verband. Diese Rechnungsart konnte hauptsächlich mit Vortheil benutzt werden, wenn man die künftigen Erscheinungen der erwähnten Phänomene voraus bestimmen wollte.

Das Verfahren des du Sejour war wegen der langen

verwickelten Rechnungen, worauf es führte, zu unbequem. Einen einfachern und kürzern Weg schlugen in der Folge Chabrot, Monteiro und Goudin ein. Ihr Verfahren machte de Lambre ausführlich (in der Conoissance des tems) bekannt. Besonders praktisch war die Methode des Schmidt in Leipzig, und des Gerling in Marburg, Sonnenfinsternisse und Sternbedeckungen nach einer orthographischen Projection zu berechnen.

§. 424.

Die bei der astronomischen Refraction erforderlichen Berechnungen, welche schon Bradley berichtigt hatte, wurden in der Folge von Simpson, la Place, Piazzi und andern noch genauer geführt. Von Bohnenberger hat sie (in seiner trefflichen Astronomie vom Jahr 1811) mit vorzüglicher Klarheit erläutert.

Bradley hatte im Jahr 1725 die Entdeckung gemacht, daß jeder Fixstern jährlich eine kleine Ellipse zu beschreiben scheint, deren große Axe von Osten nach Westen 40 Sekunden beträgt. Man gab dieser Erscheinung den Namen Abirrung des Lichts oder Aberration der Fixsterne. Daran ist die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne und die Bewegung des Lichts Schuld. Wenn nämlich die Erde ruhte, und wir sähen irgend einen Fixstern stets von einem und demselben Orte aus, so würden wir ihn auch immer an einem und demselben Punkte des Himmels erblicken. Wenn sich aber die Erde jährlich um die Sonne von Osten nach Westen bewegt, so muß jene scheinbare Bewegung des Fixsterns erfolgen, sobald wir die Bewegung des Lichts, (welches den Weg von der Sonne zur Erde in 8 Minuten und

13 Sekunden zurücklegt) mit in Anschlag bringen. Das Alles ist von den neuesten Astronomen sehr klar und deutlich gemacht worden.

§. 425.

Eine von Herschel zuerst aufgestellte sehr interessante Hypothese über die sogenannten Doppelsterne ist von den meisten Astronomen unserer Zeit mit vielen Beifall aufgenommen worden. Unzählige Fixsterne stehen in unendlich verschiedener Entfernung hinter einander; und da kann die Richtung mancher solcher Sterne gegen unser Auge leicht so seyn, daß wir einen Doppelstern zu sehen glauben. Herschel und Bessel haben aber auch beobachtet, daß Doppelsterne (oder Gruppen von Sternen) sich um einander herumbewegen, wie die Planeten in unserem Sonnensystem sich um die Sonne drehen; und hieraus glaubte man den Schluß ziehen zu dürfen: die Doppelsterne sind Systeme von Sonnen, die sich um einander herumbewegen.

Herschel hat mit seinen vortrefflichen Fernröhren sehr viele zusammengeordnete Sternhaufen entdeckt, die aus ungeheuer vielen Sternen bestehen. Solche Haufen bilden gleichsam ganze Sternenheere, die viele tausend Billionen Meilen von einander entfernt seyn dürften. Jeder Stern macht eine Welt; also giebt es unzählig viele Welten in dem unendlichen Himmelsraume. Was kann wohl mehr Gottes unendliche Macht und Größe beweisen, als der mit den unzählig vielen Welten besäete Himmelsraum, wozu Gott wahrscheinlich noch immer neue schafft, während manche ältere aus irgend einer weisen Absicht zertrümmert werden!

§. 426.

Bis zu den neuesten Zeiten haben die Sternkundigen über hundert Kometen astronomisch beobachtet und ihre Bahn berechnet. Manche erscheinen uns sehr klein und sind nicht lange sichtbar; andere erscheinen uns sehr groß, sind lange sichtbar und beschreiben sehr große Bögen am Himmel. So durchlief der Komet vom Jahr 1769 einen Bogen von 240 Graden am Himmel. So durchlief der Komet vom Jahr 1760 in einem Tage 41½ Grad. Es gab aber noch schnellere Kometen. Indessen dauerte die Schnelligkeit der Kometen nur so lange, als sie der Erde nahe waren; nachher verminderte sie sich.

Der Komet von 1769 kam der Sonne achtmal näher als die Erde. Und doch brachte er weder im Laufe der Erde, noch im Laufe des nahen Merkurs eine merkliche Störung zuwege. Man schloß hieraus, die Kometen müßten sehr lockere, mit sehr geringer Schwerkraft begabte Himmelskörper seyn. Die bisherigen Kometen-Beobachtungen zeigten, daß die meisten Kometen zwischen der Sonne und der Erdbahn, besonders aber zwischen dem Merkur und der Venus hindurchlaufen. Je näher die Kometen der Sonne kamen, desto größer erschien immer sowohl ihr Kopf, als ihr Schweif.

§. 427.

Vorzüglich lange Schweife hatten die Kometen von den Jahren 1456, 1460, 1618, 1680, 1744, 1769 und 1811. So lange Schweife erregten in den früheren Jahrhunderten Angst und Schrecken. Mancher Kometenschweif nahm, der Länge nach, über ein Drittel, ja über die Hälfte eines größten Kreises am Himmel ein. Die Länge des Schweifs an

dem Kometen von 1744 berechneten die Astronomen auf sieben Millionen Meilen, und desjenigen von 1769 auf 20 Millionen Meilen.

Gewöhnlich hat der Kopf des Kometen in der Mitte eine dichtere Masse, welche man den *Kern* nennt. An dem Kometen von 1744 machte man die merkwürdige Beobachtung, daß der Kern nach und nach in eine dünnere Materie, eine Art Dunst aufgelößt wurde, der sich in den Schweif hineinzog. Daraus schloß man wieder nicht mit Unrecht auf eine lockere Masse des Kometen. In dem Kometen von 1788 konnte *Herschel* gar keinen Kern erkennen. Das Verschwinden des Kerns aber, oder seine Verwandlung in Dunst sah man gewöhnlich dann, wenn der Komet von der Sonne zurück kam.

§. 428.

Dörfel hatte, wie wir schon wissen, bewiesen, daß die Bahn, wenigstens des von ihm beobachteten Theils, des großen Kometen vom Jahr 1680 eine Parabel sey, in deren Brennpunkt die Sonne liege. *Newton* stimmte ihm hierin bei. Als man aber aus dem allgemeinen Gesetze der Gravitation gefolgert hatte, daß die Kometenbahnen eigentlich Ellipsen, wie die Planetenbahnen, nur viel mehr in die Länge gezogen, seyn müßten, wenn die Kometen sollten zurückkehren können, so setzte man die Sonne in den Brennpunkt einer solchen Bahn und erleichterte sich dadurch die Erklärung seiner Wiederkunft. Indessen lehrte die höhere Geometrie, daß auch die Parabel als eine Ellipse betrachtet werden kann, deren große Axe unendlich groß ist. Und darnach haben *Halley*, *Olbers*, *Gauß*, *Bessel* und andere berühmte Astronomen die Bahn von mehreren Kometen berechnet.

§. 429.

Die Frage: aus was für einer Materie besteht wohl der Komet? ist bei den neuern Astronomen und Naturforschern sehr oft und angelegentlich zur Sprache gekommen. Lichtenberg vermuthete, die Kometen möchten wohl nur eine Art Nebel seyn, nachdem der Franzose Mairan sie früher für Theile der Sonnen-Atmosphäre gehalten hatte. Auch Wünsch meinte, daß sie wohl ihren Ursprung aus der Sonne genommen haben könnten und daß sie eine Art selbstleuchtender phosphorischer Dämpfe seyn möchten, die als Sonnen-Meteore in demjenigen Himmelsraume, worin das Sonnensystem sich befindet, herumgetrieben würden. Sie verlören bei ihrem Herumwandern, meint er ferner, nach und nach immer mehr Theile und würden wahrscheinlich allmälig ganz zerstreut und zerstört. Bode hielt sie für Weltkörper, die in eine eigne Lichtmaterie eingehüllt wären. Bei der Annäherung an die Sonne rissen sich gewisse Theile von den Kometen los, die den Schweif bildeten. Für brennende Körper, die Rauch und Dampf verbreiten, hält kein Sternkundiger sie mehr.

§. 430.

Für sehr wichtig betrachtete man aber auch die Frage: ob es wohl möglich sey, daß einmal ein Komet an die Erde anstoßen und sie zerstören könnte? Die Astronomen fanden, daß von den seit vielen Jahrhunderten erschienenen Kometen kein einziger je an die Erde stoßen oder so nahe daran vorbei streichen wird, daß dadurch Unglück auf der Erde entsteht. Nach des berühmten Lalande's Berechnung können einmal sieben bis acht Kometen der Erde sehr nahe kommen. Wenn diese aber gewaltsame Erderschütterungen oder Erdzerstörungen zuwege bringen sollten, so müßte einer der Knoten

des Kometen (oder der Durchschnittspunkte der Bahn mit der Ecliptik) genau im Umfange der Erdbahn liegen und zugleich müßte in demselben Augenblicke, wo der Komet in diesem Knoten wäre, auch die Erde auf ihrer Bahn daselbst ankommen. Aber wie unwahrscheinlich ist in dem ungeheuren Himmelsraume das Zusammentreffen dieser Umstände in demselben Augenblicke! Möglich wäre es freilich, daß ein noch nie gesehener Komet auf einmal ankäme und an die Erde rennte; aber außerordentlich wäre dann das Zusammentreffen so mancher Umstände. Aus einer Reihe von Berechnungen über Kometen, die der berühmte Astronom Olbers in Bremen vor einigen Jahren der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu London überschickte, ergiebt sich, daß nach 8800 Jahren ein Komet so nahe an die Erde kommen wird, als jetzt der Mond von ihr entfernt ist, daß in 4 Millionen Jahren ein anderer erscheinen muß, der kaum 3 bis 4 Meilen von der Erde entfernt seyn wird, daß aber auch endlich in 120 Millionen Jahren ein dritter unmittelbar mit der Erde zusammenstoßen wird. Ueber diese Voraussagung brauchen wir uns Gott Lob! nicht zu beunruhigen!

Und dann ist ja auch die Frage immer noch die: aus was für Materien die Kometen bestehen? ob sie auch eine solche Dichtigkeit besitzen, daß ihr Anrennen an die Erde dieser so bedeutend schaden könnte? oder ob sich der Komet nicht vielleicht blos selbst zerstören, in der Erd-Atmosphäre als ein dünner Dunst sich auflösen werde? u. dgl. — Wie groß auch die Fortschritte seyn mögen, welche die Menschen bis auf den heutigen Tag in der Astronomie gethan haben und wie schöne Erfolge auch daraus für das Menschengeschlecht hervorgegan-

gen sind, so müssen wir doch immer noch bekennen: „unser Wissen ist Stückwerk und unser Weissagen ist auch Stückwerk!

§. 431.

Sehr reich und ausgebreitet waren in der neuern und neuesten Zeit auch die schriftlichen Belehrungen über die Sternkunde, welche wir von den ausgezeichnetsten Astronomen erhielten. Was haben nicht schon allein Bode, Herschel und Schröter durch ihre trefflichen und klaren astronomischen Werke geleistet! Wie unermüdet setzte nicht schon allein der fleißige Bode die astronomischen Jahrbücher seit dem Jahre 1776 bis an seinen vor ei Paar Jahren erfolgten Tod fort! Welchen Nutzen stifteten nicht von Zach durch seine monatliche Correspondenz zur Beförderung der Sternkunde; Hell, Triesnecker und Bürg durch ihre astronomischen Ephemeriden! Und welche treffliche astronomische Werke, theils von größerm, theils von geringerm Umfange, lieferten nicht die gelehrten Sternkundigen Schulze, Pasquich, la Place, Rößler, Rüdiger, Würm, Bugge, Bessel, von Lindenau, von Bohnenberger, Schumacher, Harding, Gauß, Brandes u. a. Um die populäre Astronomie, die jedem Gebildeten verständlich seyn sollte, machten sich vornehmlich Bode, Schulz, Schubert, Gelbke, Brandes, Littrow, Brückner u. a. sehr verdient. Und so ist nicht leicht ein Zweig dieser herrlichen Wissenschaft unbebaut geblieben, so weit die Kräfte des menschlichen Geistes es vermochten. In welcher Größe aber der menschliche Geist sich bei der Sternkunde zeigte, hat die Geschichte dieser Wissenschaft wohl hinlänglich dargethan!

Dritte Abtheilung.

Die Litteratur der Mathematik.

Dritte Abtheilung.

Litteratur der Mathematik.

I.

Allgemeine mathematische Werke, und Schriften über Arithmetik, Algebra und höhere Analysis.

Jac. Fabri, Stapulensis, Compendium arithmetices Böetii. 1480. Fol.

Euclidis Elementa, latine; cum comment. Campani, per Leonardum de Basilea et Gulielmum de Papia socios. 1491. Vol.

L. Burgo di San Sepolcro, Summa del aritmetica, geometria, proportioni e proportionalita. Venet. 1494 Fol.

Balthas. Licht, Algorithmus linealis cum pulchris conditionibus Regle detri. 1513. 8.

C. Tonstall, de arte suppotandi. Lond. 1522. 4.

Adam Rise, Rechnung auf der Linie und Feder. Erfurt 1522. 4. Verbessert von E. Helm. Frankf. 1544. 8. — Isaac Rise, neues nutzbares Rechenbuch. Leipz. 1580. 4. — Jacob Rise, Rechenbuch. Leipz. 1580. 4.

Christoph Rudolph, die Coß. 1524. und Nürnberg 1561. 4. Mit schönen Exempeln gebessert und vermehrt durch Mich. Stifel. Königsberg 1551 und 1553. 8.

Peter Apians, neue und wohlgegründete Unterweisung aller Kaufmannsrechnungen, in 3 Büchern. Frankf. 1527. 8.

J. Willichii, Reselliani, Arithmeticae libri tres. Strasb. 1540. 8.

Hans von der Wehn, Exempel Rechenschaft der Re=

gel de Tri, die man nennt die Kaufmanns oder gůldene Regel, ganz und gebrochen. 1542. 8.

H. J. Kŏbel, Rechenbuch auf Linien und Zifern. Frankf. 1544. 8.

Mich. Stifelii, Arithmetica integra. Norib. 1544. 4.

Jo. Scheubelius, de numeris et diversis rationibus seu regulis computationum opusculum. Lips. 1545. 8.

Hieron. Cardani, ars magna, quam vulgo Cossam vocant. Basil. 1545. Fol.

Christoph Rudolff, kůnstliche Rechnung mit Ziffern und Zahlpfennigen. 1546. 8.

Gemmae Frisii, Arithmeticae practicae methodus fȧcilis. Witeb. 1548. 8.

Jo. Schoneri, Opera mathematica. Norib. 1551. Fol.

Jo. Scheubel, Algebrae compendiosa facilisque descriptio. Paris 1551.

Joh. Albert, Rechenbůchlein auf der Linie und Feder. Wittenberg 1553. 8. (Die erste Aufl. von 1541.)

Euclidis elementa, graece et lat. Paris. 1554. 4.

Nicomachi, arithmeticae libri duo; explic. per Joach. Camerarium. Aug. Vindel. 1554. 8.

Petr. Rami, arithmeticae libri tres. Paris 1555. 4. Auch Bas. 1569. und Lips. 1580. 4. — Und dessen Schola mathematica. Francof. 1559 und 1599. 4.

Casp. Peuceri, Logistice Regulae arithmeticae quam Cossam et Algebram quadratam vocant. Witeb. 1556. 8.

Jo. Sthen, Luneb. Arithmetices Euclideae Liber primus, alias in ordine reliquorum septimus. Witeb. 1564. 8.

Conr. Dasypodii, Institutionum mathematicarum Vol. I, II, Argentor. 1567. 8.

Hier. Cardani, Opus novum, de proportionibus numerorum etc. Basil. 1570. Fol.

Die Coss Christoph Rudolphs mit schönen Exempeln der Coss, durch Mich. Stifel gebessert und sehr gemehrt. 1571. 4.

Diophanti Alexandrini, rerum arithmeticarum libri sex; a Guil. Xylandro. Basil. 1575. Fol.

Franc. Maurolyci, opuscula mathematica. Venet. 1575. 4.

L'Arithmetique de Nicol. Tartaglia. Paris. 1578. — Vorher war schon erschienen dessen Arithmetica practica; 2 Partes. Venet. 1556.

Joh. Otthen's Calculator, ein neues liebliches und nützliches Rechenbüchlein rc. Leipz. 1579. 4.

Christoph. Clavii, Bamberg. Arithmetica practica. Rom. 1583. Fol. — Auch in dessen Oper. mathem. Tom. V. Mogunt. 1612. Fol.

Petr. Rami, arithmetica et algebra. Francof. 1586. 8.

Jo. Piscator, Neapol. Arithmeticae compendium. Lips. 1588. 8.

Andr. Helmreich, Rechenbuch. Leipz. 1595. 4.

Christoph Wildvogel, neu künstliches Rechenbuch auf der Linie und Feder. 1608. 8.

Christ. Clavii, Algebra. Rom. 1608. 8.

Ant. Neudörffer, Arithmetica practica oder nützliche und sinnreiche Aufgaben in der Rechenkunst. Nürnberg 1613. Die 7te Aufl. 1666. 8.

Joh. Faulhaber, arithmetischer Wegweiser. Ulm 1614. Die siebente Aufl. 1708. 8.

Jo. Neperi, mirifici logarithmorum canonis descriptio. Edinb. 1614. 4. Auch 1619 u. s. f.

Erh. Weigelii, Tetractys summum arithmeticae compendium. Jen. 1622. 4.

Henr. Briggii, Arithmetica logarithmica. Lond.

1624. 4. Schon 1616 wurde dessen erstes Tausend Logarithmen durch Eduard Wright in englischer Sprache herausgegeben; und 1628 gab obige Arithmetica Adrian Vlacq von Neuem heraus.

Edm. Wingate, Arithmetique logarithmique, ou la construction et usage des Tables logarithmiques. Goude 1628. 8.

A. Girard, invention nouv. en l'algèbre. Amstel. 1629. 4.

Ghetaldus Marinus, de resolutione et compositione mathematica. Libri V. Rom. 1630. Fol.

Joh. Faulhaber, Academia algebrae, darinnen die Inventionen zu den höchsten Cossen weiters continuirt werden. Augsburg 1631. 4.

Th. Harriot, artis analyticae praxis etc. Lond. 1631. Fol.

Adriani Vlacqii, Trigonometria artificialis. Goudae 1633. Fol.

Simon Stevin, oeuvres mathematiques augm. par A. Girard. Leyde 1634. Fol. Auch Paris 1637. Fol.

Gebh. Overheyden, kurze und leichteste Unterweisung in der Rechenkunst. Hamburg 1638. Die neueste Aufl. 1700. 8.

Petr. Herigoni, cursus mathematicus nova methodus etc. Paris 1644. 8. VI Partes.

Franc. Vietae, opera, ed. a Fr. a Schoten. Lugd. Bat. 1646. Fol.

Franc. Tert. de Lanis, magisterium naturae et artis. II Tom. Brix. 1648. Fol.

Andr. Reyher, Arithmetica, oder Rechenbüchlein rc. Gotha 1653. 8. Die 17te Aufl. 1714. 8.

Guil. Oughtred, clavis mathem. Oxon. 1653. 4. ed. quinta 1693. 8.

Gal. Galilei, opere. III Tom. Bologna 1655. 4. Auch: Galilei opera omnia. II Tom. Bonon. 1656. 4.

Tob. Beutel, neu vermehrtes Handbüchlein der Rechenkunst. Leipzig 1658. 12. Die 9te Aufl. 1721. 12.

Phil. Lansbergii, opera omnia mathematica. II Tom. Middelb. 1663. Fol.

Hier. Cardani, opera omnia, cura C. Sponii, X Tom. Lugd. 1663. Fol.

J. Hemeling, selbstlehrende Rechenschule. Hannover 1665. 8. Neueste Aufl. 1705.

Jo. Wallisii opera mathematica. Tom. I. Oxon. 1665. Fol. Tom. II. 1693. Tom. III. 1699.

Renati Cartesii, ars analytica mathematum. III Partes. Florent. 1665. Fol. — Dessen Opera omnia IX Partes. Amstel. 1644 et 1662—1701. 4.

Tycho de Brahe, opera mathematica. II Tom. Aug. Vindel. 1666. Fol.

Lor. Biermann, neue arithmetische Schatzkammer. Nürnberg 1666. 4.

Thom. Hobbes, opera, quae de mathesi etc. fecit. Amstel. 1668. 4.

Andr. Tacquet, opera mathematica. Antw. 1669. Fol. Nouv. ed. 1707. Fol.

Casp. Schotti, organon mathematicum. Norib. 1669. 4. Auch Wirzeb. 1688. 4. — Dessen Cursus mathematicus. Herbipol. 1661. Fol.; und Francof. 1674. — Dessen Magia universalis naturae et artis. IV Vol. Francof. 1657 et Bamberg 1677. 4.

Anathas. Kircheri, organon mathematicum a Casp. Schotto descriptum. Norib. 1670. 4.

Jerem. Horoccii, opera posthuma. Lond. 1672. 4.

C. F. M. Dechales, mundus mathematicus. III Tom. Lugd. 1674. Fol. Auch 1690.

Is. Barrow, opera omnia. Lond. 1675. Fol.

Daniel Schwenter, Deliciae physico-mathematicae, oder mathematische Erquickstunden. Nürnb. 1636. 4.; fortgesetzt von G. Ph. Harsdörffer. Nürnb. 1677. 4.

Petr. Fermati, varia opera mathematica. Totos. 1679. Fol.

G. Clarck, Oughtredus explicatus, sive commentarius in ejus clavem. mathem. Lond. 1682. 8.

Jo. Wallisii, tractatus historicus et practicus de Algebra. Oxon. 1685. Fol.

J. Ludolffi, Tetragonometria tabularia etc. Lips. 1690. 4.

Nic. Ozanam, Cours de Mathematiques. VII Vol. Paris 1693. 8. — Dessen Recreations mathematiques. II Vol. Paris 1696. 8. Neueste Aufl. 1778. 8.

De la Hire et Thevenot, Mémoires de Mathematique et de Physique. Paris 1694. 4.

de l'Hopital Analyse des infinement petits. Paris 1696 et Paris 1715. 4. Ein Commentar dazu Avignon 1768. 8. Ist von Stone 1730 ins Engl. übersetzt; und 1764 und 1790 zu Wien Lateinisch herausgekommen, unter dem Titel: Calculus infinitesimalis.

Ozanam, nouveaux elemens d'Algebre. Paris 1702. 8. et Amstel. 1703. 8.

Christ. Hugenii, opuscula posthuma mathematica. Lugd. Bat. 1703. 4. — Ejusd. opera varia mathematica et astronomica; ed. G. J. s'Gravesande. IV Tom. Lugd. Bat. 1724. 4. — Ejusd. opera reliqua. II Tom. Amstel. 1728. 4.

C. Hayes, a treatise of fluxions. Lond. 1704. Fol.

Chr. Peschek, Vorhof der Rechenkunst. 11 Bände. Görlitz und Budissin 1708 — 1768. 8. — Unter mehreren andern Titeln, z. B. Welsche Praktik, Arithmetischer Hauptschlüssel, Getreuer und gründlicher Rechenmeister rc. sind von demselben noch mehr Rechenbücher herausgekommen.

Guido Grandi, de infinitis infinitorum et infinite parvorum ordinibus. Pis. 1710. 4.

Is. Newton, Analysis per aequationes numero terminorum infinitas. London 1711. 4.

Jac. Bernoulli, ars conjectandi. Bas. 1713. 4.

B. Taylor, methodus incrementorum directa et inversa. Lond. 1715. 4.

J. Craig, de calculo fluentium. Lond. 1718. 4.

J. Kepleri, epistolae mathem. insertis responsionibus. Lips. 1721. Fol.

Dan. Bernoulli, Jo. Tilii exercitationes quaedam mathem. Venet. 1724. 4.

P. Varignon, eclaircissement sur l'analyse des infinement petits du Marquis de l'Hopital. Paris 1725. 4.

John Clark, an institution of fluxions. Lond. 1726. 8.

Jac. Stirling, methodus differentialis etc. London 1730. 4.

Picard, oeuvres de Mathematique. Amst. 1736. 4.

Chr. von Clausberg, demonstrative Rechenkunst. Leipzig 1731. 8. Ist in der Folge mehrmals aufgelegt worden. 5te Aufl. Leipzig 1795. 8.

Joh. Mich. Poetius, gründliche Anleitung zur arithmetischen Wissenschaft. Halle 1738. 8.

J. J. Schübler, die in einem Rechnungslexikon sich selbstlehrende Rechenkunst. Nürnberg 1739. 4.

Deidier, le calcul differentiel et le calcul integral. Paris 1740. 4.

Petr. Horrebow, opera mathematico-physica. III Tom. Havn. 1740. 4.

De Mariotte, oeuvres mathematiques et physiques. Leyde 1717. 4. und Haye 1740. 4.

Nic. Saunderson, the elements of Algebra in ten books. II Vol. Cambr. 1740. 4. — Ins Deutsche übersetzt von J. Ph. Grüson. Halle 1798 und 1805. 8.

Chr. Wolff, elementa matheseos universae. V Tom. Halae 1740—1741. — Dessen Anfangsgründe al-

ler mathematischen Wissenschaften. 4 Theile. Halle 1710. 8. Sechste Aufl. 1743. 8.

Jo. Bernoulli, opera omnia. IV Tom. Lausanne et Genev. 1742. 4.

Jac. Bernoulli, Opera. II Tom. Geneve 1744. 4.

Chr. Peschek, angehender Algebraist. Zittau 1744. 8.

Max. Hell, elementa algebrae Jo. Crivellini magis illustrata et aucta. Vindob. 1745. 8.

D. A. Crusius, Anweisung zur Rechenkunst. 3 Theile. Halle 1746—1749. 8.

Clairaut, élémens d'Algebre. Paris 1746. 8. Dritte Aufl. 1753. 8.

Is. Newtoni, opuscula mathematica et philosophica; cura Jo. Castellionis. III Vol. Genev. 1744. 4. — Ejusd. opera quae extant omnia, commentariis illustrata, studio Sam. Hornsley. V Tom. Lond. 1779—1785. 4. — Dessen the method of fluxions, translated from the latin by Colson. Lond. 1736. 4. Auch Französisch von Büffon. Paris 1740. 4.

Leonh. Euler, opuscula varii argumenti. III Tom. Berol. 1746—1751. 4. — Ejusd. introductio in analysin infinitorum. II Vol. Lausannae 1748. 4. — Ejusd. institutiones calculi differentialis. II Vol. Petrop. 1755. — Ejusd. institutiones calculi integralis. III Tom. Petrop. 1768—1770. 4. Editio altera auct. IV Tom. Petrop. 1792. 4. — Ejusd. opuscula analytica. II Tom. Petrop. 1785. 4.

Camus, Cours de mathematiques. III Vol. Paris 1750. 8.

J. G. G. Hübsch, Arithmetica portensis, oder Anfangsgründe der Rechenkunst. Leipzig 1750. 8.

J. B. Wiedeburg, Anweisung zu der allgemeinen und Buchstabenrechnung rc. Jena 1750. 8.

K. F. de Rees, allgemeine Regel der Rechenkunst. 3te Aufl. Göttingen 1751. 8. 6te Aufl. 1786. 8.

Mac Laurin, traité d'Algèbre, traduit de l'Anglois. Paris 1752. 4.

F. U. T. Aepini, demonstrationes primariarum quarundam aequationibus algebr. competentium proprietatum. Rostoc. 1752. 4.

Clairauts Anfangsgründe der Algebra; a. d. Franz. von L. Mylius. Berlin 1752. 8. Zweite Aufl. mit Zusätzen von Tempelhoff. Berlin 1778. 8.

R. J. Boscowich, elementa matheseos universae. III Vol. Romae 1754. 4. et Venet. 1758. 4. — Ejusd. Opera ad opticam et astronomiam pertinentia. V Vol. Aug. Vind. 1786. 4.

J. A. a Segner, cursus mathematicus. V Partes. Halae 1756. 8. — Ejusd. elementa analysios infinitorum. II Partes. Halae 1761. 8. — Ejusd. elementa calculi integralis. II Partes. Halae 1768. 8.

M. L. Willichs gründliche Vorstellung der Reesischen Regel. Bremen 1759 — 1790. 2 Bände. 8.

A. G. Kästners mathematische Anfangsgründe in verschiedenen (zur reinen und angewandten Mathematik gehörigen) Abtheilungen. Von der Arithmetik (Geometrie und Trigonometrie) ist die erste Aufl. Göttingen 1759. 8.; 6te Aufl. 1800. 8. — Die Fortsetzung der Rechenkunst. Göttingen 1786. 8.

J. F. Malers Algebra. Carlsruhe 1761. 8. 5te Aufl. 1810. 8.

d'Alembert, opuscules mathematiques. VIII Vol. Paris 1761 — 1780. 4.

Emerson, the method of increments. London 1763. 8.

De Condorcet, du calcul intégral. Par. 1765. 4.

J. H. Lambert, Beiträge zum Gebrauch der Mathematik und deren Anwendung. 3 Theile. Berlin 1765 — 1772. 8.

G. F. G. Leibnitii, opera omnia, collecta stu-

dio L. Dutens. VI Tom. Geneve 1768. 8. et Berol. 1789. 4. — Hier finden sich alle die wichtigen Abhandlungen beisammen, welche in den Actis eruditorum Lips. vorkommen.

G. F. Tempelhof, Analysis des Unendlichen. Berlin 1769. 8.

De la Caille, Leçons élementaires de mathematiques; nouv. ed. Paris 1770. 8.

Fontaine, traité du calcul differential et integral. Paris 1770. 4.

Car. Scherffer, institutiones analyticae. II Partes. Vindob. 1770. 4.

Vinc. Riccati, opuscula. II Tom. Lucc. 1757 — 1772. 4.

Bossut, traité élémentaire d'Algébre. Par. 1773. 8.

Tob. Mayeri, opera inedita, edidit et observationum appendicem adjecit G. Chr. Lichtenberg. Gottingae 1774. 4.

N. Schmid, die Rechenkunst in zwei Theilen. Leipzig 1774. 8. Neue Aufl. 1800. 8.

J. F. Häseler's Anfangsgründe der Arithmetik, Algebra ꝛc. Lemgo 1775 — 1792. 8. 3 Theile. Neueste Aufl. 1802 — 1806. 8.

F. C. L. Karsten, die Rechenkunst. Bützow und Wismar 1775. 8. Neueste Aufl. Berlin 1805. 8.

J. F. Vicums selbstlehrende Rechenkunst. Dresden 1775 — 1779. 8. 3 Bände. Neue Aufl. 1783 — 1786. 8.

A. M. Lorgnae, specimen de seriebus convergentibus. Veronae 1775. Fol.

J. F. Malers Unterricht znm Rechnen. Carlsruhe 1775. 8. 5te Aufl. 1795. 8.

A. J. Cousin, leçons de calcul différential et intégral. Paris 1777. 8.

J. F. Heynatz, ausführliches Rechenbuch. Berlin 1777 — 1780. 8.

Wencesl. Joh. Gust. Karsten, Lehrbegriff der gesammten Mathematik. 8 Theile. Greifswald 1767 - 1777. 8. — Aufs neue herausgegeben von K. B. Mollweide. Leipzig 1812—1818. 8.

Bezout, theorie génerale des equations algebraiques. Paris 1779. 8.

C. F. Hindenburg, infinitonomii dignitatum, exponentis indeterminati historia, leges et formulae. Gotting. 1779. 4. — Ejusd. novi systematis permutationum ac variationum primae lineae. Lips. 1781. 8.

M. Metternich, gründliche Anweisung zur Rechenkunst. Mainz 1783. 8. Neue Aufl. 1788. 8. — Ebendess. gründliche Rechenkunst in Decimalbrüchen und andern Zahlen. Mainz 1808. 8.

K. F. Splittegarb, Anleitung zum Rechnen. Halle 1784. 8. Neueste Aufl. 1810. 8.

J. A. Ch. Michelsen, Anleitung zur praktischen Rechenkunst. 3 Bände. Berlin 1785 — 1786. 8.

L. Eulers Einleitung in die Analysis des Unendlichen; a. d. Latein. mit Anmerk. übers. von J. A. Ch. Michelsen. 3 Bände. Berlin 1785 — 1791. 8.

S. L. l'Huilier, exposition élémentaire des principes des calculs superieurs. Berlin 1786. 4. — Desselben Principia calculi differentialis et integralis etc. Tübingen 1795.

A. Bürja, der selbstlehrende Algebraist. 2 Theile. Berlin 1786. 8.

F. G. Busse, gemeinverständliches Rechenbuch für Schulen. Leipzig 1786 — 1787. 8. 4te Aufl. 1807. 8. — Ebendess. Anleitung zum Gebrauch des gemeinverständlichen Rechenbuchs. Leipzig 1786. 8. 4te Aufl. 1807. 8.

P. H. C. Brodhagen, Handbuch der theoretischen und praktischen Arithmetik. Hamburg 1790. 8.

Andr. Wagners Anweisung verschiedene Gegenstände

der kaufmannischen Rechenkunst kurz und bequem zu berechnen. Leipzig 1791. 8.

J. Pasquich, Unterricht in der mathematischen Analysis. 2 Bände. Leipzig 1791. 8.

G. H. Biermanns Leitfaden zum Rechnen. 2 Theile. Hannover 1792. 8. Neueste Aufl. 1805. 8.

J. K. F. Hauffs Lehrbuch der Arithmetik beim eignen und fremden Unterricht. Gießen 1793. 8. Neue Aufl. Marburg 1807.

K. Ch. Illings arithmetisches Handbuch. 2 Bände. Leipzig 1794. 8. — Ebendess. Anleitung zum Rechnen im Kopfe. Hannover 1795. 8.

J. F. Lorenz, die Elemente der Mathematik. 3 Theile. Neue Aufl. Leipzig 1793 — 1797. 8.

Meyer Hirsch algebraischer Commentar über Euclides. Berlin 1794. 8. — Dessen Sammlungen von Beispielen, Formeln und Aufgaben aus der Buchstabenrechnung und Algebra. Berlin 1804 — 1809. 8.

Carnot, reflexions sur la metaphysique du calcul infinitesimal. Paris 1796. 4. — Carnots Betrachtungen über die Theorie der Infinitesimal-Rechnung; a. d. Französ. übersetzt von J. K. F. Hauff. Frankfurt a. M. 1800. 8.

J. F. Pfaff, disquisitiones analyt. maxime ad calculum integralem et doctrinam serierum pertinentes. Helmstad. 1797. 4.

C. D. M. Stahl, Anfangsgründe der Zahlen-Arithmetik und der Buchstabenrechnung. Jena u. Leipzig 1797. 8.

S. F. Lacroix, traité du calcul différential et integral. II Vol. Paris 1797. 4. — Dessen Lehrbegriff der Differential- und Integralrechnung; a. d. Franz. von J. Ph. Grüson. 2 Theile. 1799. 8.

La Grange, Théorie des fonctions analytiques. Paris 1797. 4. — La Grange, Theorie der analytischen

Funktionen; a. d. Franz. übers. von J. Ph. Grüson. 2 Theile. Berlin 1798. 8.

Bossut, Traité du calcul differential et integral. Paris 1798. 8.

J. C. B. Uflackers Exempelbuch für Anfänger und Liebhaber der Algebra. Braunschweig 1793—1799. 8. 4te Aufl. 1810. 8.

S. l'Huilier, Anleitung zur Elementar-Algebra. 2 Theile. Tübingen 1799. 8.

J. G. F. Käppels arithmetische Exempeltafeln. Nürnberg 1799. 8.

J. P. Roschers gemeinnützliches Rechenbuch zur Selbstübung 2c. Neue Aufl. Lemgo 1799. 8.

K. F. Hindenburgs Sammlung, combinatorisch-analytischer Abhandlungen. Leipzig 1800. 8. — Desselben über combinatorische Analysis und Derivations-Calcul. Leipzig 1803. 8.

K. D. M. Stahl, Grundriß der Combinationslehre mit Anwendung derselben auf die Analysis. Jena 1800. 8. — Desselben Einleitung in das Studium der Combinationslehre. Leipzig 1801. 8.

J. C. Weingärtner, Lehrbuch der combinatorischen Analysis, nach der Theorie Hindenburgs. 2 Theile. Leipzig 1800. 1801. 8.

Andr. Wagners Anleitung zum Kopfrechnen. Leipzig 1800. 8.

J. G. Meyers Anleitung zum Kopfrechnen 2c. Halle 1800. 8.

J. W. Oelners und Reiches neue Rechentafeln. Breslau 1800.

C. F. Gaussii, disquisitiones arithmeticae. Lips. 1801. 8.

J. F. Köhlers Anweisung zum Kopfrechnen 2c. Leipzig 1803. 8.

J. F. Kohleins 128 Rechentafeln 2c. Frankf. a. M. 1803. 8.

J. F. C. Werneburg, die Teliosadik, oder das allein vollkommene unter allen Zahlensystemen. Leipzig 1803. 8.

H. Pestalozzi, Anschauungslehre der Zahlenverhältnisse. Zürch und Tübingen 1803. 4.

G. S. Klügel, mathematisches Wörterbuch, oder Erklärung der Begriffe, Lehrsätze, Aufgaben und Methoden der Mathematik rc. 4 Theile. Leipzig 1803 — 1825. 8. (Der 4te Theil ist von C. B. Mollweide.)

G. Kroymanns Anleitung zum gemeinnützlichen Rechnen. Altona 1787. 4te Aufl. 1804. 8.

F. Kries, Rechenbuch für Bürger- und Landschulen. Gotha 1804. 8. — Dessen gründliche Anweisung zur Rechenkunst für Geübtere. Gotha 1808. 8.

F. G. Busse, Vergleichung zwischen Carnots und Busses Algebra. Freiberg 1804. 8.

C. L. Rösling, Grundlehren von den Formen, Differenzen, Differentialien und Integralen der Funktionen. Erlangen 1805. 8.

S. M. Cohen, Handbuch der gesammten Arithmetik. 4 Theile. Cleve 1805. 8.

E. Tillichs allgemeines Lehrbuch der Arithmetik, oder Anleitung zum Rechnen für Jedermann. Leipzig 1806. 8.

J. Toblers gründlicher Unterricht in der Rechenkunst. Zürch 1806. 8.

J. Schön, die Buchstabenrechnung und Algebra. Würzburg 1806. 8.

C. Ch. Langsdorf, neue Darstellung der Prinzipien der Differential-Rechnung. Heidelberg 1806. 8.

J. F. Ladomus, Pestalozzis Anschauungslehre der Zahlenverhältnisse, in Beziehung auf die Arithmetik als Wissenschaft. Heidelberg 1807. 8.

F. G. Busse, erster Unterricht in der Algebra. 2 Theile. Neue Aufl. 1808. (Die erste Leipzig 1781. 8.) — Desselben neueste Methode des Größten und Kleinsten. Freiberg 1808. 8.

C. F. Kausler, die wichtige Lehre von den Logarithmen vollständig entwickelt. Tübingen 1808. 8.

H. H. W. Arendts Rechentafeln ꝛc. Altenburg 1808. 8.

J. K. F. Baumgartens Vorlegeblätter zur Rechenübung, in fortschreitenden Ordnungen vom Leichtern zum Schwerern ꝛc. Leipzig 1808. 8.

A. H. Ch. Gelbkes gemeinnützige Anweisung zum gründliche Rechnen. Hannover 1809. 8.

J. Ph. Schellenberg, leichtes Rechenbuch für Anfänger. 3 Theile. Leipzig 1809. 8; 5te Aufl. 1817. 8. — Dessen kaufmännische Arithmetik. Braunschweig 1812. 8.

C. D. F. Hoffmann, die Pestalozzische Zahlenlehre. Stuttgart 1810. 8.

J. W. Müller, praktische Abhandlung zur algebraischen und combinatorischen Rechnung. 2 Theile. Nürnberg 1810. 8.

P. H. C. Brodhagens Algebra. Hamb. 1810. 8.

Meier Hirsch, Integraltafeln oder Sammlung von Integralformeln. Berlin 1810. 4.

C. Chr. Langsdorf, arithmetische Abhandlungen. Heidelberg 1810. 8.

J. G. F. Bohnenberger, Anfangsgründe der höhern Analysis. Tübingen 1811. 8.

J. K. Fischer, erste Gründe der Differential-, Integral- und Variations-Rechnung. Elberfeld 1811. 8.

H. A. Rothe, systematisches Lehrbuch der Arithmetik. 2 Theile. Leipzig 1811. 8.

S. F. Lacroix, Anfangsgründe der Algebra; a. d. Französ. übers. von M. Metternich. Mainz 1811. 8.

F. A. Boysen, die selbstlehrende Rechenkunst. 2 Theile. Leipzig 1812. 8.

A. L. Crelle, Differential-, Integral- und Variationsrechnung ꝛc. Göttingen 1813. 8.

J. G. Prändel, Arithmetik in weiterer Bedeutung, oder Zahlen- und Buchstabenrechnung. München 1815. 8.

J. F. Raupach, die Elemente der Algebra und Analysis ꝛc. Breslau 1815. 8.

J. Schön, die Zifferrechnung, oder vollständiges Lehrbuch der Rechenkunst. 2te Aufl. Bamberg 1815. 8.

L. B. Francoeur, Elementar-Algebra; a. d. Franz. übersetzt von C. F. Degen. Kopenhagen 1815. 8.

D. C. L. Lehmus, Lehrbuch der Zahlen-Arithmetik, Buchstabenrechenkunst und Algebra. Leipzig 1816. 8.

J. Fichtner, ausführliche Lehre der Gleichungen des ersten und zweiten Grades. Prag 1817. 8.

Delambre, über die Aritometik der Griechen; a. d. Französ. von J. J. G. Hoffmann. Mainz 1817. 4.

A. Burja, die bürgerliche Rechenkunst. Berl. 1817. 8.

G. v. Vega, Vorlesungen über die Mathematik. 4 Bde. Neueste Aufl. von der Rechenkunst, Algebra ꝛc. Wien 1817. 8.

J. C. Nelkenbrechers allgemeines Taschenbuch der Münz-, Maaß- und Gewichtskunde; umgearbeitet von J. S. G. Otto. 12te Aufl. Berlin 1817. 8.

M. Ohm, kurzes, gründliches und leicht faßliches Rechenbuch zum Unterricht. Berlin 1818. 8. — Derselbe, Elementar-Zahlenlehre. Berlin 1817. 8.

M. Metternich, die reine und angewandte Zahlenlehre. Hadamar 1818. 8.

H. Rockstroh, die Logarithmen, erleichtert für den Unterricht und in ihrer Anwendung auf ökonomische, kaufmannische und juridische Gegenstände. Berlin 1818. 8.

K. J. A. Szen, vervollständigtes und vereinfachtes System der gemeinen Arithmetik. Neustadt 1818. 8.

Tafel zur bequemern Berechnung der Logarithmen der Summe oder Differenz zweier Größen ꝛc. Altona 1818. 4.

La Place, Versuch über Wahrscheinlichkeiten; nach der 3ten Aufl. aus dem Französ. übers. von F. W. Tönnies, mit Anmerk. von C. Chr. Langsdorf. Heidelb. 1818. 8.

F. Günther, kaufmännisches Rechenbuch. Frankfurt a. M. 1818. 8.

J. Tob. Mayers vollständiger Lehrbegriff der höhern Analysis. 2 Theile. Göttingen 1818. 8.

G. S. A. Mellin, Entdeckungen in der Integralrechnung. Magdeburg 1818. 4.

A. L. Crelle, Archimeds Sandrechnung; aus dem Griech. übersetzt. Berlin 1818. 8.

J. Ph. Grüson, die Arithmetik nach Erzeugung der Begriffe, in systematisch geordneten Fragen und Aufgaben, nebst Beantwortung. Berlin 1818. 8.

C. F. Wrede, gründliche Darstellung der Differential- und Integralrechnung. Königsberg 1818. 4.

W. von Türk, anschauliche Auflösungen und Gleichungen des ersten, zweiten und dritten Grades. Berl. 1819. 8.

P. N. L. Egen, Handbuch der allgemeinen Arithmetik, besonders in Beziehung auf die Sammlung von Beispielen aus der Buchstabenrechnung und Algebra von Meyer Hirsch. 2 Bände. Berlin 1819 und 1820. 8.

E. S. Unger, das Wesen der Arithmetik zur Beförderung eines gründlichen Studiums dieser Wissenschaft. Leipzig 1819. 8.

G. H. Buse, gründliches und vollständiges Hand- und Rechenbuch für Kaufleute. 2 Theile. Erfurt und Gotha. 1819. 8.

Fr. von Drieberg, die Arithmetik der Griechen. Leipzig 1819. 8.

C. F. Gaussii, theorematis fundamentalis in doctrina de residuis quadraticis demonstrationes et amplificationes novae. Gotting. 1819. 4.

J. B. Friedrich, Grundriß der Buchstabenrechnung und Algebra. Nürnberg 1820. 8.

Ferd. Schweins Analysis. Heidelberg 1820. 4.

M. Desaga, vollständige Anleitung zum Kopf- und Tafelrechnen rc. Neue Aufl. Heidelberg 1827. 8.

II.

Schriften über niedere, höhere und praktische Geometrie, sowie über Trigonometrie.

Euclidis elementorum Libri XIII. cum expositione Theonis etc. Venet. 1505. Fol. Auch Basil. 1537. Fol.

G. Purbachii, quadratum geometricum. Norib. 1516.

Albrecht Dürer, Underweysung der messung mit dem zirckel und richtscheyt. Nürnberg 1525. 4.

Euclidis opera omnia, graece, cum scholiis graecis. Basil. 1533. Fol.

Jo. Regiomontani, de triangulis omnimodis libri quinque, ed. Jo. Schoner. Norib. 1533. Fol. Und Basil. 1568. Fol.

Petr. Apiani, instrumentum primi mobilis nunc primum inventum etc. Norib. 1534. 4.

Jo. Regiomontani, introductio in elementa Euclidis. Norib. 1537. Fol.

Ejusd. compositio tabularum sinuum et tabulae sinuum duplices per eundem; item tractatus Peurbachii super propositiones Ptolemaei de sinibus et chordis; ed. a J. Schonero. Norib. 1541. Fol.

Archimedis opera, quae extant, omnia, graece et latine nunc primum edita etc. Basil. 1544. Fol.

Georg Agricolae, de re metallica libri XII. Basil. 1546. Fol.

Jo. Scheubel, Euclidis elementorum sex libri. Basil. 1550. Fol.

Regnaud Chaudière, géométrie practique. Paris 1551. 4.

Jo. Buteonis, opera geometrica. Lugd. 1554. 4.

Procli, in primum Euclidis elementorum librum commentariorum Libri IV. ex graeco latine vertit et

scholiis illustravit Franc. Baroccius. Patav. 1557. Fol. — Ist von Th. Taylor London 1788. 4. ins Englische übersetzt.

Jac. Peletarii, in Euclidis elementa geom. demonstrationum libri sex. Lugd. 1557. Fol. — Ejusd. commentarii tres de dimensione circuli; de contactu linearum et de duabus lineis in eodem plano neque parallelis, neque concurrentibus; et de constitutione horoscopii. Basil. 1563. Fol.

Archimedis opera, cum commentario Eutocii; a Commandino ed. Venet. 1558. Fol.

Christ. Pühler, kurze und gründliche Anlaytung zu dem rechten Verstand geometriae. Dillingen 1563. 4.

F. Flussatis Candallae, Euclidis elementa geometrica Libri XV. Paris 1566. Fol.

Herlini et Dasypodii, analyses geometricae sex librorum Euclidis. Argentor. 15[illegible] Fol.

Nik. Reusberger, Geometria, d. i. wie man recht und behend eines jeden Dings Länge, Höhe und Breite rc. abmessen soll. Augsburg 1568. 4.

Boëtii, geometriae libri duo, cura H. Glareani. Basil. 1570.

Euclidis elementa, graece et latine, per Conr. Dasypodium. Argent. 1571 et 1673. 8.

Car. Commandini, Commentar. in XV libros element. Euclidis. Pisauri 1572. Fol.

Christ. Clavii, Euclidis elementorum libri XV. accuratis scholiis illustrati. Romae 1574. 8. Mehrere Auflagen folgten hinterher.

Erasmus Reinhold, gründlicher Bericht vom Feldmessen und Markscheiden. Frankfurt 1574. 4. Und 1615. 4.

Thom. Finkii, geometriae rotundi libri XIV. Basil. 1583. 4.

Sim. Stevini, problematum geometr. Libri V, Antwerp. 1583. 4.

Sim. du Chene, Quadrature du cercle. Paris 1584.

Pappi, Alexandrini collectionum mathematicarum libri, qui supersunt. Venet. 1589. 4.

Nic. Copernici, de lateribus et angulis triangulorum, tum planorum, tum sphaericorum libellus. Wittenberg 1592. 8.

Euclidis, elementorum geometricorum libri tredecim; ex extractione doctissimi Nasiridini Tusini nunc primum arabice impressi. Romae 1594. Fol.

Jos. Scaligeri, cyclometrica elementa duo. Lugd. Bat. 1594. Fol.

Georg. Joach. Rhetici et Val. Othonis, opus Palatinum de triangulis. Neostad. 1595. Fol.

Van den Circkel, doerin gheleert wird te vinden de naeste Proportie des Circkels - Diameter tegen synen Omloop; alles door Ludolph van Ceulen. Delf. 1596. Fol.

Adr. Romanus, in Archimedis circuli dimensionem expositio et analysis. Wirceburg 1597. Fol.

Paul Pfinzing, Methodus geometrica, oder Tractat von der Feldrechnung und Messung, wie solche zu Fuß, Roß und Wagen leicht anzustellen. Nürnberg 1598. Fol.

Petri Rami, scholarum mathematicarum Libri unus et triginta; a L. Schonero recogniti et emendati. Francof. 1599. 4.

Apollonius Gallus, seu Franc. Vietae restitutio Apollonii Librorum II. de tactionibus. Paris. 1600. — Supplementum ed. a Marino Ghetaldo. Venet. 1607.

Pselli, geometria, interprete Guil. Xylandro. Lips. 1601. 8.

Jo. Hartm. Bayeri, stereometriae inanium nova et facilis ratio. Francof. 1603. — Desselben conometria Mauritiana, oder Visirung eines Fasses Frankf. 1619.

Christ. Clavii, geometria practica. Romae 1604. 4. Auch Mogunt. 1606. 4.

Levini Hulsii, Tractat der mechanischen Instrumenten ꝛc. Frankfurt 1604. 4.

Gal. Galilei, le operazioni del compasso geometrico e militare. Padov. 1606. Fol.

J. J. Köbel, Geometrey vom künstlichen Feldmessen und Absehen allerley Höhe, Weite und Breite. Frankf. 1608 und 1616. 4.

W. Snellii, Apollonius Batavus. Lugd. 1608; ins Engl. übers. von Joh. Lawson. London 1772.

J. Faulhaber, neue geometrische und geometrische Inventionen. Frankfurt 1610. 4.

Henr. Hofmann, de octantis, instrumenti mathematici novi. Jenae 1612. 4.

Barth. Pitisci, canon triangulorum emendatissimus. Francof. 1612. 4.

Ejusd. Trigonometriae sive de dimensione triangulorum libri quinque ed. 3. Francof. 1612. 4.

Ejusd. problematum variorum nempe geodaeticorum, architect. etc. libri undecim, trigonometriae subjuncti. Francof. 1612. 4.

Gal. Galilei, de proportionum instrumento a se invento, tract. a Math. Berneggero. Argentor. 1612. 4.

Barth. Petisci, thesaurus mathematicus seu canon sinuum etc. Francof. 1613. Fol.

Archimedis opera, graece et lat. cum commentar. Flurantii per Dav. Rivaltum. Par. 1615. et 1646. Fol.

Georg Galgemaiers Unterricht und Gebrauch der hochnützlichen mathematischen Instrumente, Proportional-Schregmäß und Cirkels ꝛc. Ulm 1615. 4.

Pieterzon Dou und Joh. Sems, Practica des

Landmessens; a. d. Holländ. übers. von Seb. Curtio. Amsterdam 1616. 4.

Joh. Faulhaber, geometrische und perspectivische Inventionen. Ulm 1616. 4. — Dessen mathematischer Kunstspiegel. Ulm 1612.

Benj. Bramer, Trigonometria planorum mechanica. Marburg 1617. 4.

Joh. Blum, Geometria oder kurzer, einfältiger, doch genugsamer Bericht von wahrer Feldmaaß. Ursel 1617. 4.

Dan. Schwenter, geometriae practicae libri V. Nürnb. 1618. 4. — Ausgabe von G. A. Böckler. 1667. 4.

Henr. Briggii, logarithmorum chilias prima. 1618. Fol.

Lud. a Coelen, de circulo et adsc. liber; ed. Willeb. Snellius. Lugd. Bat. 1619. 4.

Jo. Molther, problema Deliacum, de cubi duplicatione. Francof. 1619. 4.

Jo. Neper, mirifici logarithmorum canonis descriptio, ejusque usus in utraque trigonometria. Edinb. 1614 ed. auctior 1619. 4.

Edm. Gunter, Canon triangulorum. 1620. 4.

Willibr. Snellius, cyclometricus. Lugd. Bat. 1621. 4.

Petr. Rami, Geometrie, durch W. Snellius. Amsterdam 1622. 4.

Henr. Briggii, arithmeticalogarithmica. Oxon. 1624. Fol.

Benj. Ursini, magnus canon triangulorum logarithmicus. Colon. 1624. 4.

Ejusd. Trigonometria; cum magno canone log. trigon. Colon. 1625. 4.

Euclidis, Data, cum versione latina cura Hardy. Paris 1625. 4.

Adr. Metii, arithmeticae libri duo, et geometriae libri sex. Lugd. Bat. 1626. 4. — Ejusd. Praxis

nova geometrica per usum circini et regulae proportionis. Franeckerae 1623. 4.

Jo. Alfonsi, nova reperta geometrica. Arnh. 1628. 4.

Simon Stevin, gründlicher Bericht von der Calculation und dem Gebrauch der Sinustafeln ꝛc.; a. d. Holländ. übers. von Dan. Schwenter. Nürnberg 162.. 12.

Alb. Girardi, Trigonometria. Hagae 1629. 4.

Phil. Lansbergii, geometria triangulorum. Amst. 1631. Und Middelb. 1663. Fol.

Pierre Vernier, la construction et l'usage du quadrant nouveau de mathem. comme aussi la construction de la table des sinus etc. Brux. 1631. 8.

Two tables of logarithmes by Roe et Wingate. London 1633. 8.

H. Gellibrand, trigonometria Britannica, una cum logarithmis sinuum et tangentium. Goudae 1633. Fol.

Adr. Vlacq, trigonometria artificialis, seu magnus canon triangulorum logarithmicus. Goudae 1633. Fol. — Ejusd. Tabulae sinuum, tangentium et logarithmorum. Goudae 1636. und Hagae 1665. 8. Die neueste Aufl. Leipzig 1808. 8.

H. Briggii, trigonometria Britannica, ed. a H. Gellibrand. Goudae 1633. Fol.

G. L. Frobenii, clavis universalis trigonometrica. Hamb. 1634.

Brameri, Apollonius Cattus oder geometrischer Wegweiser. 1634. — Dritte Aufl. 1684. 4.

Petr. Herigone, cursus mathematicus nova methodo demonstratus per notas reales et universales. Paris 1634. 4.

Paul. Guldinus, de centro gravitatis. IV Libri. Viennae 1635. Fol.

Bened. Hedraei, nova et accurata astrolabii

geometrici structura. Lugd. Bat. 1643. 4. (Mit der Beschreibung des Nonius oder Vernier.)

Euclide, les six prémiers livres demonstrés par notes d'une méthode très brieve, par Pierre Herigone, Paris 1644. 8.

Evang. Torricelli, opera geometrica de solidis sphaeralibus, de dimensione parabolae, de solido hyperbolico etc. Florent. 1644. 4.

Marini Mersenni universae geometriae et mixtae mathem. synopsi. Paris. 1644. 4.

Archimedis opera, graece et latine cum comment. Flurantii per Dav. Rivaltum. Paris. 1646. Fol.

Fr. a Schooten, tractatus de organica sectionum coni in plano descriptione. Lugd. Bat. 1646. 4.

Gregorio a St. Vincentio, opus geometricum quadraturae circuli et sectionum coni. Antwerp 1647. Fol.

Andr. Tacquet, elementa geometriae planae ac solidae, quibus accedunt selecta ex Archimede theoremata. Antwerp. 1654. 8. — Edit. emendat. a Guihelm. Whiston. Cambridg. 1703. 8.; et Romae 1745. 8. — Ejusd. cylindricorum et annulariorum Libri IV. Antw. 1651. 4.

Christ. Hugenii theoremata de quadratura Hyperboles, Ellipsis et Circuli, quibus subjuncta est refutatio cyclometriae P. Gregorii a St. Vincent. Lugd. Bat. 1651. 4. — Ejusd. de circuli magnitudine inventa. Lugd. Bat. 1654. 4.

Rich. Norwood, trigonometrie or the doctrine of triangles rigth lined and sphaerical, with the canon of sinus etc. London 1631. 4. With logarithmes enlarged by the author. 1669. 4.

Apollonii Pergaei, conicorum libri priores quatuor, cum commentariis C. Richardi. Antwerp.

1655. Fol. — Ejusd. de sectione rationis libri duo, ex arabico latine versi et de sectione spatii libri duo restituti a Edm. Halley. Oxon. 1706. — Ejusd. conicorum libri octo, ed. Edm. Halley. Antwerp. 1710. Fol.

Greg. a St. Vincentio, contemplatio curvilineorum, nec non examen quadrat. Lugd. Bat. 1652. 4.

Jo. Wallisii arithmetica infinitorum. Oxon. 1655. 4. Auch auf Geometrie angewandt.

Renati Cartesii, principia matheseos, seu geometria, in latin. versa et commentariis illustrata a Franc. a Schooten. Amstel. 1659. 4. René des Cartes, la geometrie. Paris 1637. et 1664. 4.

Bonav. Cavaleri, geometria indivisibilibus continuorum nova ratione promota. Bonon. 1653. 4.

Wilh. Oughtred, trigonometria una cum tabulis sinuum etc. ed. a Rich. Stockes. Lond. 1657. 4.

John Newton, trigonometria Britannica. III Vol. Lond. 1658. Fol.

Diophanti, Alexandrini, geometria, ed. Jac. Billii. Paris. 1660. 4.

Claud. Mydorge, conicorum libri quatuor. Paris. 1660. Fol.

Pappi, Alexandrini, collectionum mathematicarum libri, qui supersunt; ed. Friedr. Commandino. Bonon. 1660. Fol.

Renati Slusii, mesolabum seu duae mediae proportionales per circulum et sectiones conicas exhibitae. Leod. 1662 et 1668. 4.

Egyd. Strauch, Tabellen der Sinus, Tangenten und Logarithmen. Wittenb. 1662; vermehrt von L. Chr. Sturm. Amsterdam 1700. 8.

Jac. Gregorii, de vera circuli et hyperbolae quadratura. Patav. 1668. 4. — Ejusd. exercitationes

geometricae. Lond. 1668. 4. — Ejusd. geometriae pars. universalis, inserviens quantitatum curvarum transmutationi et mensurae. Patav. 1668. 4.

Nicol. Mercatoris, logarithmotechnia. Lond. 1668.

Thom. Hobbes, de quadratura circuli, et duplicatione cubi. Amst. 1669. 4. — Ejusd. principia et problemata aliquot geometrica, ante desperata, nunc breviter explicata et demonstrata. Amst. 1674. 4.

Joh. Christ. Sturm, des Archimedes Kunstbücher; a. d. Griech. übers. und mit Anmerk. erläutert. Nürnberg 1670. Fol.

Eratosthenis geometria, graece cum annotationibus etc. Oxon. 1672. 8.

Mariotte, traité du nivellement, avec la description de quelques niveaux inventées par lui. Paris 1672. 8.

John Smith, stereometrie, or the art of practical gauging. London 1672. 8.

Phil. de la Hire, nouvelle methode en géométrie pour les sections des superficies coniques. Paris 1673. 4. — Ebendess. Sectiones conicae in novem libros distributae. Paris 1685. Fol. — Ebendess. Nouveaux élémens des sections coniques. Paris 1679. 12.

Joh. Zaragoza, trigonometria hispanica. Valentiae 1673. 4.

Bernh. Canzler, Summa geometriae practicae. Nürnberg 1673. 8. — Verbessert und mit Anmerk. von J. G. Doppelmayr unter dem Titel: B. Canzlers kurze und leichte, doch vollständige Anleitung zum Land- und Feldmessen. Nürnberg 1750. 8.

Is. Barrow, lectiones geometricae. Lond. 1674. 4. — Desselben Apollonii Pergaei conicorum libri quatuor, methodo nova illustrata etc. Lond. 1675. 4.

Erasm. Bertolini, selecta geometrica. Hafniae 1674. 4.

Bonav. Cavaleri, exercitationes sex geometricae. Bonon. 1674. 4.

Is. Barrow, Archimedis opera succincte demonstrata. Lond. 1675. 4. — Desselben Euclidis elementorum libri XV. breviter ac succincte demonstrati. Cambr. 1675. 8. — Desselben Theodosii sphaerica succincte demonstrata. Lond. 1675. 4. — Ebendess. Euclidis data, succincte demonstrata. Cantabr. 1675. 4.

Archimedis, arenarius et dimensio circuli, graece et cum vers. latin. Jo. Wallisii. Oxon. 1676. 8

Anath. Kircher, geometria practica combinata etc. Amstel. 1676. Fol. — Ejusd. Tariffa i. e. inventum novum combinationis methodum geometriae pr. summam continens. Romae 1679. 8.

Franc. a Schooten, trigonometria plana, cum canone sinuum, latine reddita. Bruxell. 1683. 12.

Thom. Baker, clavis geometrica catholica. Lond. 1684. 4.

Dav. Gregorii, exercitatio geometrica de dimensione figurarum. Edinb. 1684. 4.

Archimedis, monumenta omnia mathematica, ex traditione Franc. Maurolyci. Palermo 1685. Fol.

Jo. Craig, methodus figurarum quadraturas determinandi. London 1685. 4. — Ejusd. tractatus de figurarum curvilinearum quadraturis et locis geometricis. Lond. 1693. 4. — Ejusd. de calculo fluentium. London 1718. 4.

J. G. Pardies, elementa geometriae, in quibus methodo brevi ac facili summe necessaria ex Euclide, Archimede et Apollonio et cetera traduntur. Paris 1671. 12. Post edit. tertiam latinitate donata. Jenae

1784. 12. — Dessen élémens de geometrie. Haye 1690. 12.

Nic. Ozanam, géométrie pratique. Paris 1684. 12. et Berne 1699 8. — Dessen traité de arpentage. Paris 1687. 12. — Dessen traité des lieux géométriques. Paris 1687. 8. — Dessen méthode facile pour arpenter et pour toiser exactement. Paris 1699. Second edit. 1725. 12. — Ozanam Anweisung, wie die geradlinichten Figuren ohne Rechnung, blos geometrisch auszutheilen sind. Nürnb. 1767. 8.

Des Hayes, la theorie et pratique du nivellement. Paris 1685. 12.

Ph. de la Hire, traite du nivellement, par Mr. Picard, avec un abrégé de la mesure de la terre. Paris 1685. 8.

Theodosii Tripolitae, sphaericorum libri III. a Christoph. Clavio. Romae 1686. 4.

Arnaud, nouveaux élémens de géometrie. Paris 1690. 8.

Gio. Pomodoro, la geometria prattica, con l'espositione di Gio. Scala. Rom. 1691. Fol.

Bernh. Nieuwentiit, considerationes circa analyseos ad quantitates infinite parvas applicatae principia. Amstel. 1994. 8. — Dessen Analysis infinitorum. Amst. 1695. 4. — Dessen considerationes secundae circa calculi differentialis principia. Amstel. 1696. 8.

Euclides Elemente, erstes und zweites Buch, griechisch und deutsch durch Heinr. Meißner. Hamburg 1699. Fol.

Guido Grandi, Geometrica divinatio Vivianeorum problematum. Flor. 1699. 4.

Groeningii, historia cycloidis. Hamb. 1701. 4.

Jac. Milnes, sectionum conicarum elementa, nova methodo demonstrata. Oxon. 1702. 2te Aufl. 1712. 8.

Vinc. Viviani, de locis solidis divinatio geometrica, in V libros Aristaei senioris geometriae. ed. auctior Florent. 1701. Fol. et 1705. Fol. (Die erste Aufl. 1673.) — Dessen Aenigma geometricum de miro opificio testudinis quadrabilis hemisphaericae. Flor. 1692. 4.

A. M. Mallet, géométrie pratique. IV Vol. Paris 1702. 8.

Euclidis quae supersunt omnia ex recens. Dav. Gregorii. Oxon. 1703. Fol.

Ge. Cheynaei, fluxionum methodus inversa. Lond. 1703. 4.

Pierre Polynier, élémens de mathématique. Paris 1704. 12.

Ch. Hayes, treatise of fluxions, or introduction to mathematical and mechanical philosophy. London 1704. Fol.

J. Gooden, compendium trigonometriae planae et sphaericae. Leod. 1704. 4.

G. Rondelli, universale trigonometria lineare e logarithmica. Bologna 1705. 4.

Sherwin's, mathematical tables. London 1705. Fol. Dritte Auflage von Gardiner. Lond. 1742. Fol. Die 5te von Clarke. 1770. 8. Die 6te von Hutton. 1785. 8.

Guisné, application d'Algébre à la geometrie. Paris 1705. 4.

Apollonii Pergaei, de sectione rationis libri duo, ex Arab. lat. versi, et de sectione spatii libri duo, restit. ab E. Halley. Oxon. 1706.

Ph. Naude, Grund der Meßkunst, in einer neuen Ordnung vorgestellt. Berlin 1707. 4.

Ph. de la Hire, nouveaux élémens des sections coniques. ed. augmentée. Paris 1707. 12.

Gabr. Manfredi, de constructione aequationum differentialium primi gradus. Bonon. 1707. 4.

Angeli de Marchettis, Euclides reformatus. Liburn. 1709. 4.

Bern. Lamy, élémens de géometrie, ed. augmentée. Paris 1710. 8.

Apollonii Pergaei conicorum libri octo etc. opera et studio Edm. Halley. Antw. 1710 Fol.

Guido Grandi, quadratura circuli et hyperbolae, ed. secunda. Pis. 1710. 4. — Desselben compendio delle sectioni coniche. Firenza 1722. 12. — (Dasselbe Werk ins Lateinische übersetzt von Christ. Aug. Hausen.)

Is. Newton, analysis per quantitatum series, fluxiones ac differentias, cum enumeratione linearum tertii ordinis; ed. a Guil. Jones. Lond. 1711. 4.; Ed. a Jac. Stirling. Oxon. 1717. 8. — Ejusd. de quadratura curvarum, illustr. a D. Melander. Lips. 1762. 4.

Will. Jones, analysis per quantitatum series, fluxiones ac differentias, cum enumeratione linearum tertii ordinis. Lond. 1711. 4.

Carré, méthode pour la dimension des solides par l'application du calcul intégral. Paris 1711. 4.

Jac. Milnes, sectionum conicarum elementa, nova methodo monstrata. Oxon. 1712. 8.

P. M. Doria, nova methodus geometrica pro inveniendis mediis continuo proportionalibus infinitis inter duas rectas datas. Antw. 1715. 4.

Leonh. Chr. Sturm, Anweisung zum Nivelliren. Augsburg 1715. Fol.

Clairaut, élémens de géométrie. Paris 1716. 8. Auch 1741. 12.

Jac. Stirling, illustratio tractatus Newtoni de enumeratione linearum tertii ordinis. Oxon. 1717. 8. Auch Paris 1797. 8.

Jo. Craig, de Calculo fluentium. Lond. [illegible] 4.

A. Sharp, geomety improved by a table of segments of circles and a treatise of polyedra. London 1718. 4.

J. P. de Crousaz, la géométrie des lignes et des surfaces recti-lignes et circulaires. II Tom. Amst. 1718. 12.

G. F. Marquis de l'Hopital, traité analytique des sections coniques etc. Paris 1720. 4.; seconde ed. 1740. 4.

Colin Mac-Laurin, geometria organica, seu descriptio linearum curvarum universalis. Lond. 1720. 4.

J. Kresa, analysis speciosa trigonometriae sphaericae, triangulis rectilineis aliisque problematis applicata. Prag. 1720. 4.

Laur. Lorenzini, exercitatio geometrica de dimensione omnium conicarum sectionum. Florent. 1721. 4.

Epistola Pembertoni ad amicum de Cotesii inventis. 1722. 4.

Guido Grandi, compendio delle sectioni coniche. Fiorenza 1722. 12.

Roger Cotes, harmonia mensurarum et logometria edita a Rob. Smith. Cantabr. 1722. 4.

Michael Scheffelt, Unterricht vom Proportionalzirkel. Ulm 1724. 4. (älteste Ausg. 1697. 4.) Neueste von Scheibel verbesserte Aufl. Breslau 1781. 4.

Wm. Hawney, de doctrine of plain and spherical trigonometry. London 1725. 8.

Bern. de Fontenelle, élémens de la géométrie des infinit. Paris 1727. 4.

Epistola Jo. Poleni ad Jac. Hermannum de organica curvarum tractoriae atque logarithmicae constructione etc. Patav. 1729. 4.

A. de Moivre, miscellanea analytica de seriebus et quadraturis. London 1730. 4.

Claude Rabuel, commentaires sur la géométrie de Mr. Descartes. Lyon 1730. 4.

Clairaut, recherches sur les courbes à double courbure. Paris 1731. 8.

Chr. Peschek, selbstlehrende Trigonometrie oder Dreiecksmessung. Budissin 1731 und Leipzig 1769. 8.

Joh. Friedr. Penther, praxis geometriae oder praktische Geometrie für alle Fälle des Feldmessens. Augsb. 1732. Fol. 9te Aufl. 1817. Fol.

Hausen, elementa matheseos. Viennae 1735. Fol.

Nic. de Martino, elementa sectionum conicarum. II Tomi. Neap. 1734. 8.

M. Stone, analyse des infinement petits. Paris 1735. 4.

Rob. Simson, selectionum conicarum libri quinque. Edinb. 1735. Neue Aufl. 1750. — Simsons drei Bücher von den Kegelschnitten, übers. von J. W. Camerer. Tübingen 1809. 8.

Wm. Gardiner, practical surveying improved Landsurveyor. London 1737. 8.

La Figure de la terre, determinée par les observations de Maupertuis, Clairaut, Camus etc. Amsterd. 1738. 8. Deutsch: Zürich 1741. 8.

Deidier, science des Géométres, ou la théorie et la pratique de la Géométrie. Paris 1739. 4. — Ebendess. la mesure des surfaces et des solides par l'arithmetique des infinis et les centres des gravités. Paris 1740. 4.

Maupertuis, le dégré du méridien entre Paris et Amiens. Paris 1740. 8. Der von Picard gemessene Meridiangrad zwischen Paris und Amiens. Zürch 1742. 8.

De Gua, usage de l'analyse de Descartes pour decouvrir les propriétés des lignes géométriques de tous les ordres. Paris 1740. 8.

Tobias Mayer, neue und allgemeine Art, alle Auf-

gaben aus der Geometrie leicht aufzulösen, insbesondere, wie alle Vierecke, davon ein Verhältniß ihrer Seiten gegeben, in den Cirkel geometrisch eingeschrieben werden. Eßlingen 1741. 8.

Deparcieux, nouveaux traités de trigonometrie, accompagnés de tables des sinus etc. Par. 1741. 4.

Colin Mac Laurin, treatise of fluxions. II Vol. Edinb. 1742. 4. Französisch von Pezenas. Paris 1749. 4.; und Amsterdam 1750. 12.

James Dodson, antilogarithmic canon. Lond. 1742. 8.

Wm. Gardiner, tables of logarithms for all numbres from 1 to 102100, and for the sines and tangents to every ten seconds. London 1742. 4. Französisch: Avignon 1770. Fol.

G. F. Baermanni, elementorum Euclidis libri XV. ad usum tironum accommodati. Lips. 1743. und 1769. 8.

Rivard, trigonométrie avec la construction des tables des sinus etc. Paris 1743. 8. Neue Aufl. 1747. 8.

J. W. Zollmann, vollständige Anleitung zur Geodäsie oder praktischen Geometrie. Halle 1744 und 1774. Fol.

Leonh Euler, methodus inveniendi lineas curvas maximi minimive proprietate gaudentes, sive solutio problematis isoperimetrici. Laus. et Geneve 1744. 4.

Th. Simpson, a treatise of Algebra, wherein the principles are demonstrated. London 1745. 8.

De la Chapelle, institutions de géométrie, enrichies de notes critiques et philos. sur les développemens de l'esprit humain, avec un discours sur l'etude des mathematiques. II Tom. Paris 1746 und 1765. 8.

J. F. Unger, Beiträge zur Mathesis forensis. 2 Thle. Göttingen 1746. 4.

B. H. Rönnberg, leichte und richtige Ausmessung der

Fässer, welche nach der Länge liegen und nicht voll sind. Wismar 1747. 4.

J. A. von Segner, Vorlesungen über die Rechenkunst und Geometrie. Lemgo 1747 und 1767. 4.

Bouguer, la figure de la terre determinée par les observations de Bouguer et de la Condamine. Paris 1749.

Apollonii Pergaei, locorum planorum libri duo, restit. a Rob. Simson. Glasg. 1749. 4.

W. Emerson, elements of trigonometrie, containing the calculation of sines etc. the doctrine of the sphere and the principles of plain aud sperical trigonometrie. Lond. 1749. 8.

Gabr. Cramer, introduction à l'analyse des lignes courbes algebraiques. Geneve 1750. 4.

De la Condamine, mesure des trois premiers degrés du méridien dans l'hémisphère austral. Paris 1751. 4.

Dav. Gregory, treatise of practical geometry, translated from the latin, with additions. Edinburgh 1751. 8.

J. J. Marinoni, de re ichnographica, cuius hodierna praxis exponitur, et exemplis illustratur. Viennae 1751. 4.

De la Chapelle, Traité des sections coniques et autres courbes anciennes. Paris 1751. 8. — De la Chapelle's Abhandlung von den Kegelschnitten, herausgegeben von J. L. Böckmann. Carlsruhe 1791. 8.

John Lodge Cowley, geometry made easy, or an new and methodical explanation of the elements of geometry. London 1752. 8. — Dessen Appendix to Euclids elements. Lond. 1759. 4.

Gallimard, les sections coniques et autres courbes etc. Paris 1752. 8.

G. W. Kraft, institutio geometriae sublimioris. Tubing. 1753. 4.

A. Fletcher, the universal mensurer. II Parts. London 1753. 8.

C. Walmesley, analyse des rapports et des angles, ou reduction des intégrales aux logarithmes et aux arcs de cercle. Paris 1753. 4.

Clairauts Anfangsgründe der Geometrie, aus dem Franz. übers. von F. J. Bierling. Hamburg 1753. Neue Aufl. 1773.

J. Landen, an investigation of some theorems, wich suggest some remarkable properties of the circle etc. Lond. 1754. 8.

J. A. a Segner, elementa arithmeticae, geometriae et calculi geometrici. Halae 1756. 8. Ed. nov. 1767. Neueste deutsche Aufl. Leipz. 1769. 8.

Thom. Simpson, élémens de géometrie. Par. 1755. 8.

Rob. Simson, Euclidis elementorum libri priores sex, item undecimus et duodecimus, sublatis iis quibus olim vitiati sunt, et quibusdam Euclidis demonstrationibus restitutis. Glasg. 1756. 4. — Auch Englisch unter dem Titel: The elements of Euclid, the error corrected etc. Glasg. 1762. 8. 5te Aufl. 1775.

Godin et Du Séjour traité des courbes algébraiques. Paris 1756.

J. F. Polack, Mathesis forensis, worin die Rechenkunst, Geometrie ꝛc. abgehandelt und die Anwendung auf die in der Rechtsgelehrsamkeit vorkommenden Fälle gezeigt wird. 3te Aufl. Leipzig 1756 und 1770. 4.

Sebast. le Clerc, Abhandlungen von der theoretischen und praktischen Geometrie. Augsburg 1756. 8.

Audierne, traité complet de trigonométrie, contenant la construction et l'usage des tables trigonometriques et des logarithmes etc. Paris 1756. 8.

Mazeas, elemens d'Arithmétique, d'Algèbre et de Géometrie, avec une introduction aux sections coniques. Paris 1758. 8. Siebente Aufl. 1788. 8.

Andr. Böhm, gründliche Anleitung zur Meßkunst auf dem Felde. Frankfurt 1759. 4. Dritte Aufl. von J. G. J. Cämmerer. 1807. 8.

Mich. Hube, Versuch einer analytischen Abhandlung von den Kegelschnitten. Göttingen 1759. 8.

F. J. Buck, leichtere Auflösung einiger schweren trigonometrischen Aufgaben. Königsberg 1761. 4.

Is. Newton, de quadratura curvarum; illustr. a D. Melander. Lips. 1762. 4.

J. G. Pfeiffer, de curvarum algebraicarum assymptotis. 1764. — Und dessen aequationum speciosarum resolutio per series, ope parallelogrammi Newtoniani. Tubing. 1765. 4.

Guiot, l'arpenteur forestier, ou méthode nouvelle de mesurer, calculer et construire toutes sortes de figures. Paris 1765. 8.

J. F. Weidler, Anleitung zur Markscheidekunst; aus dem Latein. übers. von Fuchsthaler. Wien 1765. 8.

C. Scherffer, trigonometrischer Versuch von der Wahl des Standes beim Feldmessen. Wien 1766. 8. — Dessen Beiträge zur Meßkunst auf der Oberfläche der Erde. Wien 1783. 8.

F. W. Kratzenstein, praktische Abhandlung von Verfertigung schöner und akkurater Risse. Nürnberg 1766. 8.

Andr. Reid, on essay on logarithms. Lond. 1767.

Wm. Payne, introduction to geometry, demonstrated in a clear and easy method. Lond. 1767. 4.

Ozanam, Anweisung wie die geradlinichten Figuren ohne Rechnung, blos geometrisch auszutheilen sind. Nürnb. 1767. 8.

J. Steph. Stigler, Anleitung zur Markscheidekunst. München 1767. 8.

G. F. Brander, neuer geometrischer Universal-Meßtisch. Augsb. 1767 und 1772. 8. — Dessen Beschreibung eines Systems von Maaßstäben. Augsb. 1772. 8. — Dessen Beschreibung eines Spiegelsextanten. Augsb. 1774. 8.

Jos. Torricelli, geometrica. Veron. 1769.

Jos. Liesganig, dimensio graduum meridiani Viennensis et Hungarici. Vienna 1770. 4.

Picards Abhandlung vom Wasserwägen, mit Beiträgen von Lambert. Berlin 1770. 8.

Ginet, manuel d'arpenteur, ou l'on enseigne la trigonométrie, la géodésie, la stéréométrie, la jaugeage, et le nivellement. II Vol. Paris 1770. 8.

J. S. Klügel, analytische Trigonometrie. Braunschweig 1770. 8.

J. H. Lambert, Zusätze zu den logarithmischen und trigonometrischen Tabellen. Berlin 1770. 8.

C. Scherffer, institutiones geometricae. Vindob. 1770. 4.

W. Gardiner, tables des logarithmes des nombres jusqu'à 102100 et des sinus et tangentes de 10 en 10 secondes. Avignon 1770. Fol.

J. G. Marson, les trois coups d'essai géométriques. Strasb. 1770. 4.

Apollonii Pergaei, geometrical treatise on inclinations, restored by Horsley. Oxf. 1770., and by R. Burrow. London 1780.

Adrian Vlacq, Tafeln der Sinus, Tangenten rc. und der Logarithmen, herausgegeben von Ebert. Frankf. 1771. 8. Bis auf die neueste Zeit noch öfters aufgelegt.

Apollonii Pergaei, two books concerning tangencies, by John Lawson. Lond. 1771 und 1773. 4.

John Wright, elements of trigonometry plain and spherical. Edinb. 1772. 8.

Jo. Tob. Mayer, tetragonometria specimen primum. Gotting. 1773. 4.

J. L. Hogreve, praktische Anweisung zur topographischen Vermessung eines ganzen Landes. Hannov. 1773. 8.

D. L. Vollimhaus, getreue Anweisung zu Felder- und Landtheilungen. Hannover 1773. 8. — Dessen Anweisung zum Landmessen mit Stäben und der Kette, nebst Gebrauch der Boussole. Lemgo 1776. 8. — Dessen Anweisung zur praktischen Landmessekunst. Hannover 1778. 8.

F. W. Marpurg, Anfangsgründe des progressionalfigürlichen Zifercalculs, nebst Construction der eckigten geometrischen Körper. Berlin 1774. 8.

Lucas Voch, Kunst Situationsplane aufzunehmen. Augsb. 1774. 8. Dritte Aufl. 1818. 8.

F. Chr. Müller, Beschreibung einer neuen vollkommnen Art Plane aufzunehmen und zu zeichnen. Münster 1775. 8. Dessen, vom Gebrauch der Taschenuhren bei geometrischen Messungen. Berlin 1777. 8. — Dessen theoretisch praktische Abhandlung über das richtige Aufnehmen und Zeichnen der Situationscharten nach bloßem Augenmaaß. Münster 1778. 8.

A. G. Kästner, Anmerkungen über die Markscheidekunst, nebst Abhandlung vom Feldmessen durch das Barometer. Göttingen 1775. 8.

Rob. Simson, opera quaedam reliqua etc. nunc primum. ed. impensis Stanhope, cura Clow. Glasg. 1776. 4.

Jo. Sam. Gehler, historiae logarithmorum naturalium primordia. Lips. 1776. 8.

J. B. Eberenz, erste Gründe der Epicyclometrie. Frankfurt 1776. 8.

H. W. Clemm's mathematisches Lehrbuch. 3te Aufl. Stuttgart 1776. 8.

Joh. Helfenzrieder, Anleitung zur Geodäsie. Augsb. 1776. 4. Dessen Abhandlungen von der Geodäsie. Augsb. 1778. 4.

G. H. Werner, ausführlicher Unterricht zur Feldmeß-

kunst oder Scheibenmessung. Langensalza 1776. 8. — Dessen Forstgeometrie. Langensalza 1780. 8.

Bossut, traité élémentaire de Géometrie. Paris 1777. 8.

Leop. v. Unterberger und Pichler, Tafel der Sinusse, Tangenten und Sekanten, mit ihren Logarithmen, nebst den Logarithmen der natürlichen Zahlen von 1 bis 20,000. Wien 1777. 4.

Pezenas, théorie et pratique du jaugeage des tonneaux et des navires. Avignon 1778. 8.

L. Bertrand, developpement nouveau de la partie élémentaire des Mathématiques. II Vol. Geneve 1778. 4.

Du Sejour, traité des propriétés á toutes les courbes. Paris 1778.

J. G. Jugler, Geometria subterranea oder unterirdische Meßkunst, Markscheidekunst genannt. Leipz. 1779. 4.

J. Fr. Keferstein, Anfangsgründe zu praktisch-geometrischen Zeichnungen und Vermessungen. Leipz. 1779. 8.

J. C. Schwab, Euclids Data, verbessert und vermehrt von Rob. Simson, a. d. Engl. übers. mit einem Anhange. Stuttg. 1780. 8.

C. L. Reinhold, die aufs Recht angewandte Meßkunst. Münster 1781. 8.

B. F. Mönnich, Lehrbuch der Mathtmatik. 2 Bände. Berlin 1781. 8. Neue Aufl. 1801. 8.

J. A. Michelsen, Versuch in sokratischen Gesprächen über die wichtigsten Gegenstände der ebenen Geometrie, nebst Fortsetzung. 2 Bände. Berlin 1781 — 1784. 8. — Dessen Anleitung zur Selbsterlernung der Geometrie. Berlin 1790. 8.

Wm. Austin, examination of the first six books of Euclids elements. Oxford and Lond. 1781. 8.

J. F. Lorenz, Euclids Elemente, 15 Bücher, aus

dem Griech. übers. Halle 1781. 8. 4te Aufl. von Mollweide. 1818. 8.

S. Vince, elements of conic sections. London 1781. 8.

Bezout, cours de mathématiques, II Parts, contenant les élémens de l'arithmetique, de la geometrie et de la trigonometrie rectiligne et sphérique. Paris 1782. 8.

C. Scherffer, theoretische und praktische Trigonometrie; a. d. Latein. Halle 1782. 8.

Everard, stereometry or the art of gauging. London 1782. 8.

Petr. Ferronii, magnitudinum exponentialium logarithmorum et trigonometriae sublimioris theoria. Florent. 1782. 4.

J. F. Lempe, gründliche Anleitung zur Markscheidekunst. Leipzig 1782. 8. Fortsetzung 1792. 8.

Pet. Offermann, Landmeßkunst, nach theoretischen und praktischen Gründen. Flensburg 1782. 8.

Chr. Fr. Parrot, Anwendung der vornehmsten Theile der Mathematik auf allerlei im menschiichen Leben vorkommende Fälle. Erlangen 1782. 8.

J. C. G. Hayne, Anweisung wie man das militärische Aufnehmen nach dem Augenmaaß erlernen kann. Dessau 1782. 8.

Ferd. Landerer, gründliche Anleitung Situationsplane zu zeichnen. Wien 1783. 4.

J. Trembley, essai de trigonométrie sphèrique. Neufchatel 1783. 8.

Callet, tables portatives des logarithmes, publiées par Gardiner, augmentées par Callet. Paris 1783. 8. — Die neueste Auflage (stéréotype) Paris 1795. 8.

Sim. l'Huilier, de relatione mutua capacitatis et terminorum figurarum. Varsov. 1783. 4.

Mart. Müller, Versuch den Inhalt der Fässer durch Anwendung der Muschellinie zu finden. Leipzig 178. 8.

Ign. Pickel, praktischer Unterricht, wie man sich bei Ausmessung großer Wälder zu verhalten. Augsb. 1785. 8.

K. Hutton, mathematical tables, containing common, hyperbolic and logistic logarithms, also sines, tangents, secants and versed sinus natural and logarithmic. London 1785. 8.

Aug. Bayers gründlicher Unterricht vom Bergbau, nach Anleitung der Markscheidekunst vermehrt und verbessert von J. F. Lempe. Altenburg 1785. 3.

C. F. Wurster, Einleitung zur praktischen Feldmeßkunst und Visirkunst. Tübingen 1786. 8.

J. H. van Swinden, theoremata geometrica, accedunt problematum geometricorum libri quinque. Amstel. 1786. 8.

A. Bürja, der selbstlehrende Geometer. Berlin 1787. 8. Neue Aufl. 1801. 8.

Th. Bügge, Beschreibung der Ausmessungsmethode, welche bei den dänischen geographischen Charten angewendet worden; a. d. Dän. übers. von Aster. Dresden 1787. 4. — Dessen theoretisch praktische Anleitung zum Feldmessen; a. d. Dän. übers. von L. H. Tobiesen. Altona 1798. 8.

Duhamel, géométrie souterraine élémentaire. II Tom. Paris 1787. 4.

Ch. L. Schübler, Räsonnements über Anwendung der Algebra, Geometrie und Trigonometrie. Leipzig 1788. 8. — Dessen Betrachtungen über den Conusschnitt der Hyperbel. Mannheim 1793. 8.

C. W. Hennert, kurze Anweisung zu einigen geometrischen Hülfsmitteln ꝛc., für Forstleute. Berlin 1789. 8.

Sim. l'Huilier, polygonométrie et abrege d'isopérimetrie élémentaire. Geneve et Paris 1789. 4.

G. J. de Metzburg, trigonometria. Viennae 1789. 8.

J. L. Späth, analytische Untersuchungen über die Zuverlässigkeit, Winkel und Linien vermittelst verschiedener geometrischen Werkzeuge abzumessen. Nürnberg 1789. 4. — Dessen Geodäsie, oder Anweisung zum Feldmessen. 2 Bde. Nürnb. 1790. 8.

F. G. Busse, von den nöthigen Kenntnissen zur Körpermessung, nebst Visirkunst. Leipzig 1790. 8.

F. Meinert, Anweisung zum Nivelliren und Profiliren. Halle 1790. 8.

Joh. Schultz, Anfangsgründe der reinen Mathesis. Königsberg 1790. 8.

W. Pfaff, Taschenbuch zu richtiger Berechnung des Inhalts der Stämme. Gießen 1791. 8.

De la Chapelle, Abhandlung von den Kegelschnitten; herausgegeben von J. L. Böckmann. 2te Aufl. Carlsruhe 1791. 8.

A. G. Kästner, geometrische Abhandlungen. 2 Bände. Göttingen 1791. 8.

J. L. J. v. Gerstenberg, Anleitung zur gesammten praktischen Meßkunst. Jena 1792. 8.

Archimedis opera omnia, graece et latine, ex recens. Torricelli, ed. Robertson. Oxoniae 1792. Fol.

Conicarum sectionum libri septem, auct. Abram. Robertson. Oxon. 1792. 4.

J. F. v. Oppen, Anfangsgründe der Arithmetik und Geometrie für die, welche sich dem Forstwesen widmen. Berlin 1792. 8. Dritte Aufl. 1804. 4.

C. Chr. Voigt, neueste Versuche zur Erleichterung der praktischen Geometrie. Leipzig 1792. 8. — Dessen neue praktische Entdeckungen in der Geometrie. Quedlinburg 1793. 8.

Nik. Voigtel, Geometria subterranea oder Markscheidekunst. Neueste Aufl. Leipzig 1793. Fol.

G. Freih. v. Vega, logarithmisch-trigonometrisches

Handbuch, anstatt der kleinen Blacq'schen, Wolfischen und andern Tafeln. Leipzig 1793. 8. Vierte Aufl. 1817. 8.

Christiani, Lehre von der ökonomischen und geometrischen Theilung der Felder, nach Nills Morvilles Dänischen bearbeitet. Göttingen 1793. 8.

J. A. Eytelwein's Aufgaben aus der angewandten Mathematik zur Uebung der Analysis für angehende Feldmesser, Ingenieurs und Baumeister. Berlin 1793. 8.

F. G. Schleicher, Beiträge zur praktischen Meßkunst. Frankf. a. M. 1793. 8.

J. L. Hogreve, praktische Anweisung zum planimetrischen Vermessen der Feldmarken. Hannover 1794. 4. — Dessen theoretische und praktische Anweisung zur militärischen Aufnahme oder Vermessung im Felde. Zweite Auflage. Hannover 1797. 8. (1te Aufl. 1785.)

J. G. Prändl, Geometrie und Trigonometrie. München 1794. 8.

Fr. Meinert, Anfangsgründe der Feldmeßkunst. Halle 1794. 8.

Ge. Baro de Vega, thesaurus logarithmorum completus. Lips. 1794. Fol.

Ge. Adam's geometrische und graphische Versuche oder Beschreibung der Instrumente, deren man sich in der geometrischen Civil= und Militärmessung bedient; a. d. Engl. von J. G. Geißler. Leipz. 1795. 8.

J. C. Fischer, Anfangsgründe der höhern Geometrie. Jena 1796. 8.

F. K. Hartig, Beschreibung eines wohlfeilen Winkel=Instruments, welches als Astrolabium, Meßtisch, Boussole, Dendrometer und Wasserwaage gestellt und bei allen Messungen vortheilhaft gebraucht werden kann. Frankf. 1796. 8.

H. C. W. Breithaupt, über den Gebrauch verschiedener neuer Instrumente zur Feldmeßkunst. Cassel 1796. 8. — Dessen neue Zeichen= und Vermessungs=Instrumente. Hannover 1812. 8.

J. G. F. Maaß, Grundriß der reinen Mathematik. Halle 1796. 8.

Apollonius von Pergå ebene Oerter, wiederhergestellt von Schooten und Rob. Simson; a. d. Latein. übers. und mit einer Sammlung geometrischer Aufgaben begleitet von J. W. Camerer. Leipzig 1796. 8. — Auch Apollonii de tactionibus quae supersunt, cum Vietae restitutione, ab J. G. Camerer Gothae 1795. 8.

Praktische Anweisung, allerlei Arten von Gefäßen, sowie runde, ovale und viereckigte Fåsser zu visiren. 2te Aufl. Nürnberg 1796. 8.

Placidi Heinrich, de sectionibus conicis tractatus analyticus. Ingolst. 1797. 8.

J. K. F. Hauff, Uebersetzung von Euclids Elementen, nåmlich des ersten bis sechsten und des eilften und zwölften Buchs. Marburg 1797. 8. Neue Aufl. 1780. 8.

J. W. Müller, Commentar über zwei dunkle mathematische Stellen in Plato's Schriften, im Theatet und Meno. Nürnb. 1797. 8.

J. E. Bierenklee's Anfangsgründe der theoretisch-praktischen Geometrie. Neue Aufl. von F. Meinert. Leipz. 1797. 8.

L. W. Gilbert, die Geometrie nach Legendre, Simson, van Swinden, Gregorius a St. Vincentio und den Alten vorgetragen. Halle 1798. 8.

K. F. Hauber, Archimeds zwei Bücher über Kugel und Cylinder, nebst dessen Kreismessung; a. d. Griech. übers. und mit Anm. nebst einem Anhange von Såtzen aus Valerius, Tacquet und Torricelli. Tübingen 1798. 8.

N. Th. Reimer, historia problematis de cubi duplicatione. Gotting. 1798. 8.

Jo. Pasquich, elementa analyseos et geometriae sublimioris. Lips. 1799. 8.

J. A. Matthias, Auszug aus Rob. Simsons

Uebersetzung der ersten sechs Bücher und des eilften und zwölften Buchs der Elemente des Euclides rc. Magdeburg 1799. 8.

Anweisung, wie ökonomische und militärische Situationscharten nach bestimmten Grundsätzen zu zeichnen sind. Berl. 1799. 8.

F. Burkhard, Anwendung der combinatorischen Analytik auf die Bestimmung der trigonometrischen Linien der Summen mehrerer Winkel. Erfurt 1799. 8.

J. Ph. Hobert und L. Ideler, neue trigonometrische Tafeln für die Decimal-Eintheilung des Quadranten. Berlin 1799. 8.

G. A. Dåzel, über die zweckmäßigste und zuverlässigste Methode, große Waldungen zu messen. München 1799. 8. 2te Aufl. von G. W. Neebauer. 1819. 8.

G. A. Dåtzel, Anfangsgründe der Geometrie oder der analytischen Trigonometrie und Polygonometrie. München 1800. 8.

C. G. Zimmermann, kurze Darstellung der spärischen Trigonometrie, mit Anwendung auf die Berechnung der Lage der Himmelskörper. Berlin 1800. 8. 2te Aufl. 1810. 8.

Gasp. Monge, feuilles d'Analyse, appliquée à la géométrie. Paris 1801. Fol. — Ebendess. application de l'algèbre à la géométrie. Paris 1805. 4. — Ebendess. application de l'analyse à la géométrie. II Part. Paris 1807. 8.

C. F. Pfleiderer, vollständige ebene Trigonometrie. Tübingen 1802. 8. — (Dessen Analysis triangulorum. II Partes. Tübing. 1785.)

S. F. Lacroix, essais de géométrie sur les plans et les surfaces courbes etc. Paris 1802. 8.

J. B. Biot, traité analytique des courbes et des surfaces du second dégré. Paris 1802. 8. Neue Aufl. unter dem Titel: Essai de géométrie analytique. Paris 1805. 8. Und ins Deutsche übers. von Ahrens. 1817. 8.

Chr. Fr. Rüdiger, Anweisung zur Berechnung ebener und sphärischer Dreiecke. Zweite Aufl. Leipz. 1802. 8.

A. M le Gendre, élémens de géométrie etc. 4te Aufl. Paris 1802. 8.

Joh. Schulz, sehr leichte und kurze Entwickelung einiger wichtigen mathematischen Theorien. Königsb. 1803. 4.

Fr. Meinert, der gemeinnützige Feldmesser. Leipzig 1803. 4.

J. P. Pöhlmann, die Anfangsgründe der Geometrie, als Stoff zu Denk= und Sprechübungen. 3 Bände. Fürth 1804—1814. 8.

J. Schön, Lehrbuch der ebenen und sphärischen Trigonometrie. Bamberg 1804. 8.

E. Chr. Romerdt, theoretisch=praktischer Selbstunterricht in der Meßkunst ꝛc. Erfurt 1804. 8.

D. Gilly, Anleitung zur Anwendung des Nivellirens oder Wasserwägens. 2te Aufl. Berlin 1805. 4.

G. Große, Korolarien zur praktischen Geometrie, einzelne Feldmarken zu messen und zu vertheilen. Halle 1805. 8.

S. F. Lacroix, Anfangsgründe der ebenen und sphärischen Trigonometrie; a. d. Französ. von E. M. Hahn. Berlin 1805. 8. — Dessen Anfangsgründe der Geometrie; übers. von Hahn. Berlin 1805. 8. Und weitere Ausführung der Geometrie, übers. von Hahn. Berlin 1806. 8.

J. A. Braun, Beschreibung eines bequemen Dendrometers oder Baummessers. Celle 1805. 4.

F. W. Schnell, Sammlung von 66 Uebungsaufgaben aus der Lehre vom Größten und Kleinsten. Gießen 1805. 8. Zusätze dazu 1810. 8.

Exposition des opérations faites en Lapponie pour la détermination d'un arc du méridian en 1801, 1802, 1803, par Oefverbom, Svanberg, Helmquist et Palander. Stockholm 1805. 8.

D. Gilly, Anleitung zur Anwendung des Nivellirens oder Wasserwägens. 2te Aufl. Berlin 1805. 4.

Meyer Hirsch, Sammlung geometrischer Aufgaben. 2 Theile. Berlin 1805. 8.

Ferd. Schwein's Geometrie, nach einem neuen Plane bearbeitet. Göttingen 1805. 8.

C. Seweloh, über Gemeinheitstheilungen. Hildesheim 1805. 8.

L. Puissant, Traité de géodésie etc. Paris 1805. 4. — Dessen Traité de topographie, d'arpentage, et de nivellement. Paris 1807. 4.

L. Puissant, Sammlung verschiedener Aufgaben der Geometrie ꝛc.; a. d. Französ. übersetzt von Hahn. Berlin 1806. 8.

C. A. W. v. Liebhaber, Anleitung zur forstwissenschaftlichen Meßkunde und Forsttaxation. Helmstädt 1806. 4.

M. Reder, Uebersetzung der kritischen Anmerkungen und Zusätze über die Euclidschen Elemente von Rob. Simson. Paderborn 1806. Neue Aufl. 1815. 8.

Base du system métrique decimal, ou mesure de l'arc du méridien compris entre les parallèles de Dunkerque et Barcellone, exécutée en 1792. et années suivantes par M. M. Méchain et Delambre. II Vol. Paris 1806. 4.

F. G. Busse, Unterricht in der Geometrie. Leipzig 1806. 8.

J. J. J. Hoffmann, Critik der Paralleltheorie. Jena 1807. 8.

Gasp. Monge, application de l'Analyse à la géométrie, à l'usage de l'école polytechnique. II Vol. Paris 1807. 8.

J. C. Fischer, Grundriß der gesammten reinen höhern Mathematik. 3 Bände. Leipzig 1807 — 1809. 8.

J. F. Otto, Anweisung zur praktischen Geometrie für Feldmesser. Neue Aufl. Gotha 1807. 8.

E. J. Humbert, Anweisung zur Situationszeichnung. 3te Aufl. Potsdam 1808.

Joh. Ephr. Scheibel, zwei mathematische Abhandlungen: 1) Vertheidigung der Parallelentheorie des Euclids, 2) über die trigonometrischen Linien. Breslau 1808. 8.

H. W. Brandes, Lehrbuch der Arithmetik, Geometrie und Trigonometrie. 2 Bände. Oldenburg 1808. 8.

L. N. M. Carnot, Geometrie der Stellung; übers. von H. C. Schumacher. 2 Theile. Altona 1808. 8.

J. Wiechota, die Elementargeometrie. 3 Theile. Breslau 1808. 8.

J. Schön, Lehrbuch der reinen Geometrie. Nürnb. 1808. 8.

D. Uhlhorn, Entdeckungen in der höhern Geometrie. Oldenburg 1809. 4.

J. H. Böbel, praktische Feldmeßkunst für Land- und Feldmesser. 4te Aufl. Tübingen 1809. 8. — Dessen 2ter Theil. 1818. 8.

Jos. Schmid, die Elemente der Form und Größe, nach Pestalozzi. 3 Theile. Heidelberg 1809. 8.

L. Lüders, Pythagoras und Hypatia oder die Mathematik der Alten. Altenburg 1809. 8.

Rob. Simson, drei Bücher von den Kegelschnitten, übersetzt von J. W. Camerer. Tübingen 1809. 8.

J. F. Ladomus, Beitrag zur Methodik in der neuen Mathematik, insbesondere zur Beurtheilung der Langsdorfschen Theorie des Raums. Mannheim 1809. 8.

F. W. Snell, Handbuch der reinen Mathematik. 2 Bände. Gießen 1810. 8.

J. L. Späth, die Visirkunst. Nürnberg 1810. 8.

Fr. v. Spaun, praktischer Beitrag zu topographischen Vermessungen, mit Bemerkungen über die Methoden des Delambre. Nürnberg 1810. 8.

F. Schwein's Handbuch der Geodäsie. Gießen 1811. 8.

J. G. Styder, Beschreibung der verschiedenen Zeichen- und Vermessungsinstrumente. Dresden 1811. 8.

J. P. Grüson, Geodäsie oder Anleitung zur Feldvertheilung. Halle 1811. 8.

J. G. Lehmann, Lehre der Situationszeichnung oder Anweisung zum richtigen Erkennen und genauen Abbilden der Erdoberfläche in Charten und Planen. 2 Theile. Dresden 1812. Fol. — Dritte Aufl. 1819. 4. — Der zweite Theil auch unter dem Titel: Lehmanns Anleitung zum vortheilhaften und zweckmäßigen Gebrauch des Meßtisches, herausgegeben von G. A. Fischer. 1812. 4. Zweite Aufl. 1816. 4.

J. Lindner, logarithmisch-trigonometrisches Taschenbuch. Leipzig 1812. 8.

H. W. C. Breithaupt, neue Zeichen- und Vermessungsinstrumente. Hannover 1812. 8.

J. F. Benzenberg, vollständiges Handbuch der angewandten Geometrie für Feld- und Landmesser, Markscheider, Forstbeamte und zum Schulunterricht. Düsseldorf 1813. 8.

J. P. Brewer, Anfangsgründe der sphärischen Trigonometrie. Düsseldorf 1813. 8.

Joh. Tob. Mayer, gründlicher und ausführlicher Unterricht zur praktischen Geometrie. 5 Theile. 4te Auflage. Göttingen 1814—1818. 8. — Der 4te Theil auch mit dem besondern Titel: Anweisung zur Verzeichnung der Land-, See- und Himmelscharten; und der 5te: Anleitung zur praktischen Stereometrie. (Die erste Auflage der 3 ersten Theile Göttingen 1778. 8.)

G. Winkler, Lehrbuch der Geometrie. Wien 1814. 8.

E. G. Zimmermann, Anfangsgründe der Geometrie. 2te Aufl. Berlin 1814. 8.

C. Chr. Langsdorf, Einleitung in das Studium der Elementar-Geometrie rc. Mannh. und Heidelb. 1814. 8.

M. Magold, Lehrbuch der Elementar-Geometrie und Trigonometrie. Landshut 1814. 8.

C. B. Mollweide, commentationes mathem. tres, sistentes explicationem duorum locorum, alterius Virgilii, alterius Platonis. Lips. 1814. 8. — Dess.

selben de quadratis magicis commentatio. Lips. 1816 4.

G. U. A. Vieth, Lehrbuch der reinen Elementar-Mathematik. 3te Aufl. Leipzig 1815. 8.

J. L. Späth, die höhere Geodäsie. München 1816. 8.

M. Metternich, vollständige Theorie der Parallellinien. Mainz 1815. 8.

J. A. P. Bürger, vollständige Theorie der Parallellinien rc. Carlsruhe 1816. 8.

J. G. Zobel und J. Müller, Beschreibung einer Flächenberechnungs- und Theilmaschine. München 1816. 4.

F. Raupach, Theorie der geographischen Netze. Liegnitz 1816. 8.

F. W. Streit, Lehrbuch der reinen Mathematik für den Selbstunterricht. 6 Theile. Weimar 1816 — 1820. 8.

F. W. Sternikel, praktische Feld-Eintheilung rc. Sondershausen 1816. 2te Aufl. 1818. 4.

C. A. Nilson, gründliche Anleitung zur geschickten Führung des Cirkels, Lineals und Dreiecks. Nürnb. 1816. 8.

G. S. Ohm, Grundlinien zu einer zweckmäßigen Behandlung der Geometrie, als höhern Bildungsmittels. Erlangen 1817. 8.

W. v. Türk, Leitfaden zur Behandlung des Unterrichts in der Formen- und Größenlehre. Berlin 1817. 8. 2te Aufl. 1820. 8.

Romershausen, Diastemeter oder Beschreibung eines neuen Instruments, das alle Entfernungen aus einem einzigen Standpunkte mißt. Berlin 1817. 8.

G. Winkler, Lehrbuch der Geometrie für Forstakademien. 2 Theile. Wien 1817. 8.

J. G. Zobel, Anleitung zum genauen Trianguliren mit dem Meßtisch. München 1817. 8.

Franz Graf Teleky, die Spiegelscheibe, ein neues Instrument zur Winkelmessung. Wien 1817. 8.

J. J. J. Hoffmann, die Quadratur der Parabel

des Archimedes. Mainz 1817. 4. — Dessen Grundlehren der Algebra, höhern Geometrie und Infinitesimalrechnung. Gießen 1817. 8.

C. Chr. Langsdorf, leichtfaßliche Anleitung zur Analysis endlicher und unendlicher Größen, und zur höhern Geometrie ꝛc. Mannheim 1817. 8.

Marschall von Bieberstein, Vorschriften zu militärischen Situationsgleichungen. 4te Aufl. Berlin 1817. 4. — Desselben Anweisung zum Situationszeichnen, nach der sächsischen Manier. Berlin 1818. 4.

H. C. Chr. Fresenius, ganz neue möglichst kurze und leichte Methode, den körperlichen Inhalt walzen- und kegelförmiger, wie auch vierkantiger Hölzer zu berechnen ꝛc. Heidelberg 1817. 8.

J. Schuster, Theorie der Aehnlichkeit der Figuren, neu erwiesen und erweitert. — Desselben, der pythagorische Lehrsatz potenzirt. Salzb. 1817. 8.

Bern. Bolzano, die drei Probleme der Rectification, Complanation und Cubirung ohne Betrachtung des Unendlichkleinen und ohne Archimeds Annahme gelöset. Leipzig 1817. 8.

J. B. Biot, Versuch einer analytischen Geometrie, angewandt auf die Flächen und Curven zweiter Ordnung, übers. von Ahrens. Nürnberg 1817. 8.

J. F. Ladomus, geometrische Constructionslehre. Carlsruhe 1817. 8.

A. H. C. Gelbke, Lehrbuch über die vornehmsten Aufgaben aus der Ebenen- und Körper-Geometrie. Leipzig 1818. 8.

C. M. Hahn, vollständiges Lehrbuch der ebenen Geometrie und Trigonometrie ꝛc. Breslau 1818. 8.

A. L. Crelle, vom Cathetometer, einem neuen genauen und wohlfeilen Winkelinstrument. Berlin 1816. 4.

C. Devely's Anfangsgründe der Geometrie in einer natürlichen, und nach einem durchaus neuen Plane; a. d. Franz. übers. von C. F. Deyhle. Stuttg. 1818. 8.

J. Nessel, Anleitung zur schnellen und richtigen Flächenberechnung. Wien 1818. 8.

C. G. Zimmermann, Grundriß der reinen Mathematik für das bürgerliche Leben. 2 Theile. Berlin 1818. 8.

Franz v. Spaun, Anleitung zur Construction aller Probleme der sphärischen Trigonometrie. München 1818. 4. — Dessen Anleitung zur geradlinichten Trigonometrie und zur Arithmetik der Sinusse durch die Constructionsmethode. München 1818. 4.

J. P. Grüson, bequeme logarithmische und trigonometrische Tafeln. Berlin 1818. 8.

G. G. Schmidt, die ebene und sphärische Trigonometrie. Gießen 1818. 8.

C. Paulus, Anweisung zur geometrischen Zeichnungslehre, nach mathematischen Grundsätzen. 2 Theile. Prag 1818. 8.

G. A. Fischer, Lehrbuch zum ersten Unterricht in der Geometrie für das Geschäftsleben. Dresden 1818. 8.

G. S. Klügel, Anfangsgründe der Arithmetik, Geometrie und Trigonometrie. 6te von Zimmermann verbesserte Aufl. Berl. 1819. 8. Die erste Aufl. vom Jahr 1782. 8.)

J. J. J. Hoffmann, geometrische Wissenschaftslehre. Jena 1819. 8.

G. A. Fischer, Lehrbuch der ebenen und sphärischen Trigonometrie für das Geschäftsleben. Leipzig 1819. 8.

J. J. J. Hoffmann, der pythagorische Lehrsatz mit 32 theils bekannten, theils neuen Beweisen. Mainz 1819. 4. — Dessen streometrische Anschauungs- und Wissenschaftslehre; eine Anleitung zum leichten und gründlichen Studium der Stereometrie. Mainz 1820. 8.

J. W. Müller, mathematische und historische Beiträge und Ergänzungen zu Hoffmann's neuester Schrift: der pythagorische Lehrsatz mit 32 Beweisen. Nürnberg 1819. 8. — Dessen ausführliche evidente Theorie der Parallellinien. Nürnberg 1819. 8.

G. L. König, supplementa in Euclidem. Hamb. 1819. 4.

M. Ohm, Elementargeometrie und Trigonometrie. Berlin 1819. 8. — Dessen kritische Beleuchtungen der Mathematik überhaupt und der Euclidschen Geometrie insbesondere. Berlin 1819. 8.

G. Winkler, Anweisung zum Gebrauch der Pantographen oder Storchschnäbel. 2te Aufl. Wien 1819. 8.

G. A. Fischer, Lehrbuch der ebenen und sphärischen Trigonometrie für das Geschäftsleben, als Ergänzung der Lehmannschen Anleitung zum zweckmäßigen Gebrauch des Meßtisches, für ausgedehntere topographische Vermessungen. Leipzig 1819. 8.

C. F. Michaelis, Mittheilung eines Vortheils beim Nivelliren. Leipzig 1819. 8.

L. Bleibtreu, Theilungslehren, oder Anleitung, jede Grundfläche geometrisch zu theilen. Frankf. a. M. 1819. 8.

C. L. Lehmus, die ersten einfachsten Grundbegriffe der höhern Analysis und Curvenlehre. Berlin 1819. 8.

J. W. Hoßfeld, niedere allgemeine Mathematik für alle Stände ꝛc. 2 Bände. Gotha 1819 u. 1820. 8.

G. F. Pohl, die Kugelfläche als mathematisches Constructionsfeld, im Gegensatz der Ebene, oder die Geometrie und Trigonometrie auf der Sphäre. Berlin 1819. 4.

J. W. Müller, ausführliche und praktische Anweisung zur leichten und richtigen Berechnung der zur Forstgeometrie und Visirkunst gehörigen Aufgaben, mit Tabellen. 2te Aufl. Nürnberg 1819. 8. — Dessen gemeinfaßlicher Unterricht, den Inhalt cirkelrunder und ovaler Fässer, an denen die erforderlichen Stücke mit einem gewöhnlichen Maaßstab gemessen sind, durch bloße Addition in baierschen Eimern leicht zu berechnen. Augsburg 1820. 8.

L. Lyncker, Anleitung zum Situationszeichnen. Darmstadt 1819. 4.

A. Schulz-Montanus, systematisches Handbuch der gesammten Land- und Erdmessung. 2 Theile. Berlin 1819. 8.

J. L. Späth, praktische Geometrie. Nürnb. 1819. 8.

J. F. Schiereck, Polygonometrie, oder ausführliche Anweisung zur Berechnung aller aus dem Umfang gemessener Figuren, durch Beispiele erläutert. Gießen 1820. 8.

J. Kroymann, Lehrbuch der gemeinnützigen Geometrie. Altona 1820. 8.

F. W. Netto, Handbuch der gesammten Vermessungskunde rc. Berlin 1820. 8.

J. C. Fischer, reine Elementar-Mathematik, nach Gründen der kritischen Philosophie. Leipzig 1820. 8.

E. G. Fischer, Lehrbuch der ebenen Geometrie für Schulen rc. Berlin 1820. 8.

K. L. Struve, Theorie der Parallellinien. Königsb. 1820. 8.

F. A. W. Diesterweg, geometrische Combinationslehre. Elberfeld 1820. 8.

A. L. Crelle, Sammlung mathematischer Aufsätze und Bemerkungen. 2 Bände. Berlin 1821—22. 8.

A. M. Legendre, Elemente der Geometrie, der ebenen und sphärischen Trigonometrie rc.; übers. von A. L. Crelle. Berlin 1821. 8.

M. Metternich, geometrische Abhandlungen über die Theilung des Dreiecks durch drei Linien nach bestimmten Richtungen rc. Mainz 1821. 4.

E. F. Hauber, chrestomathia geometrica etc.; nebst einem Anhange aus Pfleiderers Papieren rc. Stuttgart und Tübingen 1821. 8.

J. P. Brewer, Lehrbuch der Geometrie und ebenen Trigonometrie rc. Düsseldorf 1822. 8.

E. Nizze, Geometrie. 2 Theile. Prenzlau 1822. 8.

G. G. Schmidts, Anfangsgründe der Mathematik. 2 Bände. 3te Aufl. Frankfurt a. M. 1822. 8.

J. J. J. Hoffmann, geometrische Anschauungslehre.

2te Aufl. Mainz 1825. 8. — Dessen Grundanschauungen der Geometrie. Mainz 1823. 8.

Lagrange's mathematische Werke; deutsch herausgegeben von A. L. Crelle. 2 Bände. Berlin 1823. 8.

J. Leslie, geometrische Analysis; a. d. Engl. übers. von J. P. Grüson. Berlin 1823. 8.

H. Umpfenbach, analytische Geometrie, oder Lehre von den krummen Linien 2c. 2 Theile. Mainz 1823. 8.

Ad. Burg, Anfangsgründe der analytischen Geometrie. Wien 1824. 8.

J. P. W. Steins geographische Trigonometrie. Mainz 1824. 4.

J. A. Eytelweins Grundlehren der höhern Analysis. 2 Theile. Berlin 1824. 4.

D. F. Hecht, einfache Construction zur Bestimmung der Kreuzlinie zweier Gänge 2c. Leipzig 1825. 8. — Dessen von den quadratischen und kubischen Gleichungen; von den Kegelschnitten 2c. Leipzig 1825. 8.

Prudlo, Lehrbuch der körperlichen Geometrie oder die Stereometrie 2c. Breslau 1825. 8.

C. F. Jacobi, de triangulorum recteliniorum proprietatibus quibusdam, nondum satis cognitis. Lips. 1826. 8.

J. F. Kroll, Aufgaben über Dreiecke, worin Summen und Differenzen von Seiten und Winkeln gegeben sind. Halle 1826. 8.

Adam Burg, Handbuch der Trigonometrie. Wien 1827. 8.

A. L. Crelle, Handbuch des Feldmessens und Nivellirens in den gewöhnlichen Fällen. Berlin 1827. 8.

S. F. Lacroix, Handbuch der Meßkunst, oder Anleitung zum Feldmessen und Aufnehmen; a. d. Franz. mit Anmerk. von C. S. Unger. Gotha 1827. 8.

M. Ohm, algebraische, geometrische und trigonometrische Uebungen 2c. Berlin 1827. 8.

III.

Schriften über die mechanischen Wissenschaften.

Diadochi Procli, dissertatio de motu, graece et latine. Paris 1542. 4.

Nicol. Cusani, de staticis experimentis dialogus; in Vitruvii Pollionis de architectura Libris X. Strasb. 1550. 4.

Hier. Cardani, de rerum varietate Libri XVII. Basil. 1558. Fol.

Fr. Commandini, liber de centro gravitatis solidorum. Bonon. 1565. 4.

Hieron. Cardani, opus novum de proportionibus numerorum, motuum, ponderum etc. Basil. 1570. Fol.

Heronis, mechanici, liber de mechanicis bellicis, ed. Fr. Barocio. Venet. 1572. 4.

Heronis Alexandrini πνευματικῶν, sive spiritalium liber ed. Commandin. Paris 1575. 4. Auch ed. Amstel. 1680. 4.

Guido Ubaldi, mechanicorum libri VI. Pisauri 1577. et Venet. 1615. Fol.

Jac. Bessoni, theatrum instrumentorum et machinarum. Lugd. Bat. 1578. Fol. et Gen. 1582. Fol.

Guidon. Ubaldi e Marchionibus Mont. in duos Archimedis acquiponderantium libros paraphrasis, scholiis illustrata. Pisaur. 1588. Fol.

Aristotelis Mechanica, graece et latine cum commentariis Henr. Monantholii. Paris 1589 et 1599. 4. Auch Lugd. Bat. 1600. et Bonon. 1615. 4.

Simon Stevin, Beghinselen der Wegkonst. Amst. 1596. 4.

Joh. Bapt. Portae, pneumaticorum libri tres. Neap. 1601. 4.

Marino Ghetaldi, Archimedes promotus. Amstel. 1603. 4.

Levini Hulsii, drei Tactate der mechanischen und mathematischen Instrumente. 3 Thle. Frankf. 1603—1608. 4.

Lucas Valerius, de centro gravitatis solidorum libri tres. Romae 1604 und 1661. 4.

Heinr. Zeising, Theatrum machinarum. 6 Theile. Leipzig 1608 — 1613. 4.

Opera Archimedis, per Dav. Rivaltum. Paris 1615. Fol. pag. 487 sq. Von der Hydrostatik.

Eine mathematische neue Invention einer sehr nützlichen Hand= und Hausmühle, durch Johann Faulhaber. Augsburg 1616. 8.

Rob. Fludd, utriusque cosmi historia. Openh. 1618. Fol.

Jacob, künstlicher Abriß allerhand Wasserkünste und Mühlen. 2 Theile. Frankfurt 1618. Fol.

Augustin de Ramellis, Mesanzana thesaurus artium mechanicarum, oder Schatzkammer mechanischer Künste. Leipzig 1620. Fol.

Bern. Baldi, in mechanica Aristotelis problemata exercitationes. Mogunt 1621. 4.

J. Faulhaber, mechanische Verbesserung einer alten Roßmühle. Ulm 1625. 4.

Jo de Guevara, in Aristotelis mechanicas commentarii. Rom. 1627. 4.

Les oeuvres mathematiques de Simon Stevin de Bruges, par Alb. Girard. Leyde 1634. 4.

Paul. Guldinus, de centro gravitatis libri quatuor. Viennae 1635. Fol.

Gal. Galilei, discorsi e dimonstrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attenerti alla meccanica, ed. a i movimenti locali. Amst. 1638. 4.

Evang. Torricelli, de motu gravium et naturaliter projectorum liber. Florent. 1644. 4.

Marini Mersenni, tractatus mechanicus. Paris 1644. 4. — Desselben universae matheseos synopsis, qua continentur Euclidis elementa et mechanicorum libri II. Paris 1644. 4.

Zeising, Theatrum machinarum. Leipz. 1646. 8.

Baliani, de motu naturali gravium. Gen. 1646 4.

Pascal, Expériences nouvelles touchant le vide etc. Paris 1647. 4.

Aristotelis mechanica, item problema mathem. de motu navigii ex remis, in dessen Operibus. Paris 1654. Fol. et cum explicationibus Mauri. Rom. 1668. 4.

J. B. Barrateri, architettura d'acque. Piacenza 1656. Fol.

Gasp. Schotti, mechanica hydraulico-pneumatica. Herbipol. 1657. 4.

Jo. Wallisii, mechanica seu de motu tractatus geometricus. III Partes. Lond. 1660. et Oxon. 1670. 4. — Dessen tractatus de percussione. Oxon. 1699. 4.

Andr. Jungenickel, clavis machinarum oder Schlüssel zur Mechanica. Nürnberg 1661. 4.

Steph. de Angelis, accessiones ad stereometriam et mechanicam, pars prima etc. Venet. 1662. 4.

Gasp. Schotti, techica curiosa, sive mirabilia artis libris XII. comprehensa. Lips. 1664. 4.

J. A. Borelli, de motu animalium. II Vol. Lugd. Bat. 1685. 4. et 1710. 4. — Dessen tractatus de vi percussionis. II Vol. Lugd. Bat. 1666 und 1686. 4

Alex. Marchetti, exercitationes mechanicae. Pis. 1669. 4.

Rob. Boyle, paradoxa hydrostatica. Amstel. 1670. 12. et Geneve 1680. 4.

G. A. Boeckler, theatrum machinarum novum, d. i. neu vermehrter Schauplatz der mechanischen Künste, handelt von Mühl- und Wasserwerken. Nürnberg 1673. Fol.

Chr. Hugenii, horologium oscillatorium. Paris. 1673. Fol.

Mariotte, traité de la percussion ou choc des corps. Paris 1675. 12.

Jac. Bessoni, theatrum instrumentorum et machinarum. Lugd. Bat. 1678. Fol.

Lamy, traités de mécanique. Paris 1679. 12. et 1687. et 1734. 8.

Paul. Casati, mechanicorum libri octo. Lugd. Bat. 1684. 4. — Dessen terra machinis mota etc. Romae 1668. Fol.

Franc. Tert. de Lanis, magisterium naturae et artis. III Tom. Parmae 1684. Fol.

Mariotte, traité du mouvement des eaux et des autres corps fluides. Paris 1686. 12. Auch in den Oeuvres de Mariotte. Tom. II.

Project d'une nouvelle méchanique, par Mr. Varignon. Paris 1687. 4.

Is. Newton, principia mathematica philosophiae naturalis. Lond. 1687. 4.; auch Cambridg. 1713. 4.; Amstel. 1714. 4. Ed. Pemberton London 1726. 4. Ed. le Sueur, Jacquier et Calendrini. III Tom. Genev. 1739 et 1741. 4.; Lausanne 1744. 4.; Pragae 1783, 1785. 4.

Heronis Alexandrini, Buch von Luft- und Wasserkünsten, welche von Friedrich Commandino von Urbin aus dem Griechischen in das Lateinischen übersetzt ... durch Agathum Carionem. Frankf. 1688. 4.

Dominic. Guilielmini, mensura aquarum fluentium. Bonon. 1690. 4.

Phil. de la Hire, traité de mécanique. Paris 1695. et Lyon 1698. 12.

J. G. Pardies, discours du mouvement local. 1691. 8.

J. Rohaulti, de arte mechanica tractatus mathematicus. Lond. 1692. 8.

Rob. Boyle, medicina hydrostatica. Genev. 1693.

M. D. Papin, recueil de diverses pieces, touchant quelques nouvelles machines. Cassel 1695. 8.

Nic. Ozanam, mecanique. Paris 1699. 8.

Gal. Galilei, de motu liber. Lugd. Bat. 1699. 4. — Dessen Discursus et demonstrat. mathematicae circa duas novas scientias pertinentes ad mechanicam et motum localem; ex lingua ital. in latin. versae. Lugd. Bat. 1699. 4.

Perrault, recueil de plusieurs machines de nouvelle invention. Paris 1700. 4.

Ant. Parent, élémens de Mecanique et Physique. Paris 1700. 12.

Cartesii, tractatus de mechanica, ed. in opusc. posth. Amstel. 1701. 4.

G. A. Böckler, Architectura curiosa oder Bau- und Wasserkunst. Nürnb. 1704. Fol.

H. Ditton, the general laws of nature and motion, with their application to mechaniks. Lond. 1706. 8.

L. Chr. Sturm, vollständige Mühlenbaukunst. Augsb. 1718. Fol. 5te Aufl. Nürnb. 1815. Fol. — Dessen kurze Anleitung die Wassermühlen zu verbessern. Hamb. 1712. 8. — Dessen Anweisung von Fang-Schleusen und Rollbrücken. Augsb. 1715. Fol. — Dessen vollständige Anleitung zu Wasserkünsten, Wasserleitungen ꝛc. Augs. 1720. Fol.

Jac. Hermanni, Phoronomia, sive de viribus et motibus corporum solidorum et fluidorum, libri duo. Amstel. 1716. 4.

J. G. Leutmann, vollständige Nachricht von den Uhren. 2 Theile. Halle 1718. 8.

Gal. Galilei, discorso intorno alle cose, che stanno su l'acqua o che in quella si muovono. Firenz. 1718. 4.

Gulielmini, opera omnia mathematica, hydraulica etc. II Tom. Genev. 1719. 4.

Joh. Poleni, de motu aquae mixto libri duo. Patav. 1717. 4.

C. et P. Perrault, oeuvres diverses de Physique et de Mechanique. II Vol. Leyde 1721. 4.

Camus, traité des forces mouvantes. Paris 1722. 8.

Jac. Leupold, Theatrum machinarum. 11 Bände. Leipzig 1724—1787. Fol. Jeder Band unter einem besondern Titel, nämlich der erste: Schauplatz des Grundes mechanischer Wissenschaften; der zweite Schauplatz der Wasserbaukunst; der dritte und vierte Schauplatz der Wasserkünste; der fünfte Schauplatz der Hebzeuge; der sechste Schauplatz der Gewichtkunst und Waagen; der siebte Schauplatz des Brückenbaues; der achte Schauplatz der Rechen- und Maaßkunst; der neunte bis eilfte Schauplatz der Mühlenbaukunst. Bei letzteren befindet sich Beyers Mühlenbaukunst als Nachtrag.

Mariotte's Grundlehren der Hydrostatik und Hydraulik; a. d. Franz. übers. von J. C. Meinig. Leipzig 1723. 8.

P. Varignon, nouvelle mécanique ou statique, dont le project fut donné en 1687. Ouvrage posthume. II Tom. Paris 1725. 4.

P. Varignon, traité du mouvement et de la mesure des eaux coulantes et jelissantes, publié par Pujol. Paris 1725. 4.

S. Reyheri, tractatus de hydraulica, sive de aquarum et aquaeductium disciplina. Hamb. 1725. 4.

A. Motte, treatise of the mechanical powers. London 1727. 8.

Switzer, an introduction to a general system of Hydrostatiks and Hydraulik etc. II Vol. London 1729. 4.

Jo. Bernoulli, hydraulica, nunc primum de-

tecta ac demonstrata directe ex fundamentis pure mechanicis, ann. 1732; in seinen Operibus Tom. IV.

J. F. Weidleri, tractatus de machinis hydraulicis, toto terrarum orbe maximis, Marlyensi, Londinensi et aliis rarioribus similibus. Witemb. 1733. 4.

Dom Alexander, traité général des horloges. Paris 1734. 8. — Dom. Alexander, ausführliche Abhandlung von den Uhren, übers. von Chr. Ph. Berger. Lemgo 1738. Neue Aufl. 1763. 8.

Joh. Math. Beyer, Schauplatz der Mühlenbaukunst. 3 Bände. Leipzig 1735. Fol.; und Dresden 1767. Fol. Fortsetzung von Weinhold. Dresden 1788 und 1803. Fol.

Jo van Zyl, Theatrum machinarum universale. Amstel. 1734. Fol.

Machines et inventions, approuvées par l'Acad. roy. des sciences. VI Tom. Paris 1735—1777. 4.

L. Euler, Mechanica, seu motus scientia analytice pertractata. II Tom. Petrop. 1736. 4.

Bern. Belidor, architecture hydraulique. IV Vol. Paris 1736 — 1753. 4.

Belidor's Architectura hydraulica oder die Kunst die Gewässer zu leiten rc.; a. d. Franz. Augsb. 1740 — 1771. Fol.

Dan. Bernoulli, Hydrodynamica, sive de viribus et motibus fluidorum commentarii. Opus academicum, ab auctore, dum Petropoli ageret, congestum. Argentor. 1738. 4.

Sammlung nützlicher Maschinen und Instrumente, nebst deren Erklärung; a. d. Französischen, Englischen und andern Sprachen in's Deutsche übers. Nürnb. Fol. (ohne Jahrzahl.)

Guido Grandi, institutione mecaniche. Florent. 1740. 8.

D'Alembert, Traité de l'équilibre et du mouvement des fluides. Paris 1744. 4.

J. T. Desaguliers, a course of experimental philosophy. Vol. I. London 1745. 4.

Thiout, traité de l'horlogerie mécanique et pratique. II Vol. Paris 1771. 4.

Heinr. Sully, Unterricht von Eintheilung der Zeit und Einrichtung der Uhren; a. d. Franz. übers. von Charles. Lemgo 1745. 8.

Im. Kant, von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte. Königsberg 1746. 8.

J. A. de Segner, exercitationum hydraulicorum fasciculus. Götting. 1747. 4.

A. G. Lancelotti, disquisitio ulterior de viribus attractivis seu centralibus. Rom. 1747. 4.

T. A. Alberti, theoremata quaedum mathem. de motu gravium in medio resistente. Halae 1747. 4.

C. Wolff, elementa matheseos universae. Tom. II. Halae 1750. 4.

G. F. Baermann, dissert. de cuneo. Witenb. 1751. 4.

J. H. Gravenhorst, Nachricht von einer Wassermaschine, die von aller Bewegung frei ist. Helmstädt 1751. 4.

R. G. Schober, Versuch einer Theorie von der Ueberwucht. Leipzig 1751. 8.

G. W. Loezinger, propositiones aliquot staticae. Erlangae 1751. 4.

J. Adami, specimen hydrodynamicum de resistentia corporum in fluidis motorum. Berol. 1752. 4.

A. G. Kaestner, vectis et compositionis virium theoria evidentius exposita. Lips. 1753. 4.

J. A. le Paute, traité des horloges. Paris 1755. 4.

J. G. Hartmann, Unterricht von Verbesserung aller Uhren. Halle 1756. 8.

F. Palmquist, grunderne til Mechaniken. Stockholm 1756. 8.

De la Caille, leçons élémentaires de mécanique et statique. Paris 1757. 4.

De la Caille, lectiones mechanicae. Viennae 1759. 4.

Joh. Pet. Eberhard, Beiträge zur Mathesi applicata, nämlich zum Mühlenbau ꝛc. Halle 1757. 8. — Dessen neue Beiträge zur Mathesi appicata, worin die ersten Gründe der Mühlenbaukunst, Hydrotechnik und Bergwerkswissenschaften erklärt werden. Halle 1773. 8.

Jul. le Roy, Anweisung, die einfachen und Repertiruhren wohl einzurichten. Dresden 1759. 8.

Ferd. Berthoud, l'art de conduire les pendules et les montres. Paris 1759. 12.

C. J. Laurentius, Abhandlung von Verbesserung der Windmühlen. Nürnb. 1759. 4.

J. M. Matsko, generaliores meditationes de machinis hydraulicis. Lemgo 1761. 4.

Bossut, traité élémentaire de mecanique et de dynamique. Paris 1763. 8. Auch Paris 1775. 8.

Jens Kraft, Forelåsninger over Mechanik. 2 Thle. Soroe 1763. 4. — Dessen Forelåsninger over Statik og Hydrodynamik. Soron 1764. 4. — Dessen mechanica, lat. reddita a Jo. Nicol. Tetens. Schwerin. 1772. 4. — Dessen Vorlesungen über die Mechanik; übers. von J. C. A. Steingruber. 2 Bände. Dresden 1787. 8.

F. Berthoud, essai sur l'horlogerie. II Vol. Paris 1763. 4.

Casp. Calvör, historisch chronologische Nachricht und Beschreibung des Maschinenwesens beim Bergbau auf dem Oberharze. 2 Bände. Braunschweig 1763. Fol.

L. Euler, theoria motus corporum solidorum.* Rostock. et Greifsw. 1765. 4. Ed. nov. 1790. 4.

Raccolta d'autori che trattano del moto dell' acque; ed. sec. VII Tom. Fierenz. 1765. 4.

P. A. Lochi, idrostatica. Milano 1765. 4.

Casp. Walther, Architectura hydraulica. Augsb. 1765. Fol.

Castelli, della misura dell' acque correnti. Parma 1766. 4. VI Tom.

J. G. Scopp, Schauplatz des mechanischen Mühlenbaues. Frankf. und Leipz. 1766. 4.

A. G. Kästner, Anfangsgründe der höhern Mechanik. Göttingen 1766. 8. Neue Aufl. 1793. 8.

Dessen Anfangsgründe der Hydrodynamik, welche von der Bewegung des Wassers besonders die praktischen Lehren enthalten. Göttingen 1769. 8. Neue Aufl. 1797. 8.

Lucas Voch, Einleitung zur Architectura hydraulica. Augsb. 1769 und 1799. Fol.

J. L. Böckmann, erste Gründe der Mechanik. Carlsruhe 1769. 8.

W. J. G. Karsten, Lehrbegriff der gesammten Mathematik. 3ter bis 6ter Theil. Greifswalde 1769 — 1771. Die mechanischen Wissenschaften.

Picard's Abhandlung vom Wasserwägen, mit Beiträgen von Lambert. Berlin 1770. 8.

Andr. Kaovenhofen, Abhandlung von den Rädern der Wassermühlen, und dem Werke der Schneidemühlen. Riga 1770. 4.

W. G. Karsten, Abhandlung über die vortheilhafteste Anordnung der Feuerspritzen. Greifswalde 1773. 4.

F. L. Cancrinus, erste Gründe der Berg- und Salzwerkskunde. Th. VII. Bergmaschinenkunst. Frankf. a. M. 1773. .

P. C. Scherffer, institutiones mechanicae. II Partes. Vindeb. 1773. 4.

A. V. P. Antoni, instituzioni fisico-mecaniche, II Vol. Turin, 1773. 8. — Dessen institutions physico-mechan. traduites en franc. Paris 1777. 8.

G. S. Klügel, Preisschrift über die beste Einrichtung der Feuerspritzen. Berlin 1774. 4.

L. van der Horst, Theatrum machinarum, 1 Deel. Amstel. 1757; 2 Deel door Jac. Polly en Jan Schenk. Amst. 1774.

Ph. F. Hahn, Beschreibung mechanischer Kunstwerke. 3 Stücke. Stuttg. 1774. 8.

C. Scherffer, Abhandlung von der Wasserschraube. Wien 1774. 8.

Rog. Cotes, hydrostatical and pneumatical lectures, publ. by Rob. Smith. London 1775. 8.

Greg. Fontana, idrodinamica sopra i getti d'acqua. Mant. 1775. 4.

Bossut, traité élémentaire d'hydrodynamique. II Vol. Paris 1775. 8. Ed. sec. 1777. — Bossút, Lehrbegriff der Hydrodynamik, nach Theorie und Erfahrung, übers. von K. Chr. Langsdorf. 2 Bände. Frankfurt a. M. 1792. 8.

Abhandlung von den Maschinen, vermittelst welchen das Wasser in die Höhe gehoben wird; in den Sammlungen neuer und nützlicher Abhandlungen und Versuche aus der Oekonomie, Mechanik und Naturlehre. Nürnb. 1775. 8.

Dupuy, fragment d'un ouvrage grec d'Anthemius sur les paradoxes de mécanique. Paris 1777. 4.

Bossut, nouvelles experiences sur la résistance des fluides. Paris 1777. 8.

W. G. Hesse, praktische Abhandlung zur Verbesserung der Feuerspritzen. 2 Theile. Gotha 1778. 8.

G. E. Schmidt, erste und zweite Sammlung gemeinnütziger Maschinen. Berlin und Stralsund 1778. 4.

Frisi, instituzioni di Meccanica, d'Idrostatica, d'Idrometria e dell Architettura statica e idraulica. Milano 1777. 5.

Chr. W. Forstmann, Unterricht von Taschenuhren. Halle 1779. 8.

B. F. Mönnich, Anleitung zur Anordnung und Berechnung der gebräuchlichsten Maschinen. Augsb. 1779. 8.

W. Bailey, the avancement of Arts etc. or description of the useful machines. II Vol. Lond. 1779. 4.

W. Bailey, die Beförderung der Künste zc. oder Be-

schreibung der nützlichen Maschinen und Modelle im Saale der ökonomischen Gesellschaft in London; a. d. Engl. von J. K. München 1779. 4.

Nic. Poda, Beschreibung der bei dem Bergbau zu Schemnitz errichteten Maschinen. Prag 1771. 8 — Dessen Berechnung der von Höll erbauten Luftmaschine zu Schemnitz. Wien 1771.

Buat, principes d'hydraulique. II Vol. Paris 1779 8. ed. sec. 1786. — Büats Grundlehren der Hydraulik, übers. mit Zusätzen von J. F. Lempe. Leipzig 1786. 8. — Dasselbe Buch übers. von J. W. A. Kosmann, mit Anmerk. von J. A. Eytelwein. Berlin 1796. 8.

G. Danovius, Beitrag zur Statik. Berl. 1780. 8.

Coulomb, sur la théorie des machines simples en ayant égard au frottement et à la roideur des cordages. Paris 1781. 4.

Berthelot, la mécanique appliquées aux arts etc. II Vol. Paris 1781. 4.

K. Chr. Langsdorf's mechanische und hydrodynamische Untersuchungen. Altenburg 1782. 4.

Jo. Bapt. Horwath, praelectionum mechanicarum Pars I — III. Budae 1782 — 1784. 8.

Bailey, one hundred and six copperplates of mechanical machines and implements, approved and adopted by the society for the encouragement of arts etc. London 1782. Fol.

Girard, traité analytique de la résistance des solides. Paris 1782. 8.

L. Ximenes, teoria e pratica delle resistence de' solidi ne' loro attriti. II Part. Pisa 1782. 4.

Pauli Frisii Operum. Tom. II. Mediol. 1783. 4.

A. G. Mari, le teori idrauliche concordate colle sperienze. Guastalla 1784. 4 — Desselben l'idraulica pratica ragionata etc. II Tom. Guastalla 1784. 1786. 4.

G. S. Klügel, Anfangsgründe der praktischen Mechanik ꝛc. Berlin u. Stettin 1784. 8. Neue Aufl. 1794. 8.

Joh. Horwath, mechanische Abhandlung von der Statik und Mechanik der festen Körper; a. d. Latein. übers. von Joh. Pasquich. Pest 1785. 8.

L. Ximenes, raccolta delle perizie ed opuscoli idraulici. II Tom. Firenza 1785. 1786.

Joh. Horwath, mechanische Abhandlung über die Hydrostatik, Hydraulik und die von der Aerostatik und Pneumatik abhängende Maschinenlehre; aus dem Latein. übers. von J. Pasquich. Pest 1786. 8.

d'Antoni, institutions physico-mecaniques etc. II Tom. Strasb. 1787. 8.

Fabre, Versuch über die vortheilhafteste Bauart hydraulischer Maschinen, und insbesondere der Getraidemühlen; a. d. Franz. von A. F. Lüdicke. Leipz. 1786. 8. Das Original heißt: Fabre, essai sur la manière la plus avantageuse de construire les machines hydrauliques et en particulier les moulins à bled. Paris 1783. 4.

J. Chr. Huth, die nöthigsten Kenntnisse zur Anlegung, Beurtheilung und Berechnung der Wassermühlen. Halle 1787. 8.

N. A. J. Kirchhof, Beschreibung verschiedener nützlicher Maschinen. Berlin 1787. 8.

C. Chr. Langsdorf, Versuch einer neuen Theorie hydrodynamischer nnd pyrometrischer Grundlehren. Marburg 1787. 8.

A. Büria, Grundlehren der Statik, Hydrostatik, Dynamik und Hydraulik. 4 Bände. Berlin 1789 — 1792. 8.

Bernard, nouveaux principes d'Hydraulique etc. Paris 1787. 4. Deutsch: Bernard's neue Grundlehren der Hydraulik, mit ihrer Anwendung; a. d. Franzöſ. übersetzt mit Anmerkungen von C. Chr. Langsdorf. Frankf. und Leipzig 1790. 8.

Monge, traité élémentaire de statique à l'usage des collèges de la marine. Paris 1788. 8.

De la Grange, mécanique analytique. Par. 1788 4. Analytische Mechanik von la Grange; a. d. Franz. übers. von F. W. A. Murhard. Göttingen 1797. 4.

G. Vega, Vorlesungen über die Mathematik. 3ter Bd. Wien 1788. 8. Statik und Mechanik.

Joh. Pasquich, Versuch eines Beitrags zur allgemeinen Theorie von der Bewegung und vortheilhaftesten Einrichtung der Maschinen. Leipzig 1789. 8.

Die praktische Mühlenbaukunst, mit 31 Kpfrn. 1789. 4.

E. C. A. Behrens praktische Mühlenbaukunst oder gründliche und vollständige Anweisung zum Mühlenbau. Schwerin 1789. 8.

Jo. Pesuti, opusculi due all' Idrodinamica appartenenti etc. Rom. 1789.

Pt. Henri, consideraciones fisico mathematicas sobre differentos puntos de mecanica e hidraulica etc. Sevilla 1789. 4.

V. Tossombroni, Memoria idraulico-storiche etc. Firenze 1789. 4.

Fr. Koch, praktische Handgriffe in Verbesserung alter und Verfertigung neuer Mühlwerke. Erlangen 1789. Fol.

M. Metternich, von dem Widerstande der Reibung, nebst einem Anhange von der Straffheit der Seile. Frankf. a. M. 1789. 8.

Joh. Pasquich, Unterricht in der mathematischen Analysis und Maschinenlehre. 2 Bände. Leipzig 1790. 8. Und Beilage dazu 1798. 8.

H. D. Wilke, Aufsätze, mathematischen, physikalischen und chemischen Inhalts. Göttingen 1790. 8. Eine sehr gute Abhandlung über Mühlen.

C. L. Reinhold, allgemeine Anwendung der Hydrostatik auf die Maschinen- und Wasserbaukunst. Münster und Osnabrück. 1790. 8.

Prony, nouvelle architecture hydraulique etc. Paris 1790. 4. — Prony, neue Architektura hydraulika; a. d. Franz. von C. Chr. Langsdorf. 2 Bände. Frankf. a. M. 1795 u. 1801. 4.

J. K. Weinhold, Mechanik für Ungelehrte. 2 Theile. Dresden 1790 — 1792. 8.

R. Woltmann, Beiträge zur hydraulischen Architektur. 4 Bände. Göttingen 1791 — 1799. 8.

C. Bossüt, Lehrbegriff der Hydrodynamik; übers. von C. Chr. Langsdorf. 2 Bände. Frankf. a. M. 1792. 8.

C. F. Wiebeking, Beiträge zum praktischen Wasserbau und zur Maschinenlehre. Düsseldorf 1792. 4.

F. Berthoud, traité des montres à longitude. Paris 1792. 4.

Mar. Fontana, della dinamica libri tre. Pavia 1792 — 1795. 8.

Lorenz Claußen, praktische Anweisung zum Mühlenbau. Leipzig 1792. 4.

Sven Rinman, afhandling rörande Mechaniquen med tillämpning i synnerhed til bruk och bergverk. II Tom. Stockholm 1792 - 1800. 4.

J. G. Geißler, Lehrbegriff der Uhrmacherkunst. 10 Thle. Leipzig 1793 — 1799. 4.

Bm. Ferrari, dissertazione idrauliche. Milano 1793. 4.

J. C. Fischer, Anfangsgründe der mechanischen Wissenschaften und der Maschinenlehre. Jena 1793. 8.

A. d. Melzer, neu verbesserte Mühlenbaukunst. 3 Thle. Merseburg 1793. 8.

C. Chr. Langsdorf, Lehrbuch der Hydraulik, mit beständiger Rücksicht auf die Erfahrung. Altenburg 1794. 4. Fortsetzung dieses Lehrbuchs 1796. 4.

Oliver Evans, the young Mill-wrigt and Millers-guide. Philadelphia 1794. 8. V Vol.

J. Smeaton, experimental enquiry, concerning

the natural powers of wind and water to turn mills and other machines, depending on circular motion. London 1794. 8.

Jos. Baader, Theorie der Saug= und Hebepumpen. Baireuth 1794. 4.

Joh. Helfenzrieder, Abhandlung von den Fehlern der gewöhnlichen Maschinen, absonderlich der Hebzeuge, und wie sie zu verhüten seyen ꝛc. Augsburg 1795. 8.

Joh. Friedr. Lempe, Lehrbegriff der Maschinenlehre, mit Rücksicht auf den Bergbau. 2 Theile. Leipzig 1794 und 1797. 4.

J. L. J. v. Gerstenbergk, theoretisch=praktischer Unterricht, das Wasser durch Röhrenwerke zu leiten. Jena 1795. 4.

C. F. Parrot, theoretisch=praktische Abhandlung über die Besserung der Mühlräder. Nürnb. 1795. 8.

F. G. Gerstner, Theorie des Wasserstoßes in Schuß=gerinnen. Prag 1795. 4.

C. S. H. Kunze, Schauplatz der gemeinnützigsten Maschinen ꝛc. 3 Bände. Hamb. 1796—1802. 8.

J. A. Clemens, Darstellung der Chapmanschen Versuche zur Bestimmung des Widerstandes flüssiger unbegränzter Materien. Berlin 1797. 8.

C. Chr. Langsdorf, Handbuch der Maschinenlehre. 2 Bände. Altenburg 1797. 4.

Chr. Brünings Abhandlung über die Geschwindigkeit des fließenden Wassers; a. d. Holländ. übers. von Kröncke. Frankf. a. M. 1798. 4.

F. Berthoud, histoire de la mesure du tems par les horloges. II Vol. Strasb. 1798 4.

F. L. v. Cancrin, praktische Methode Oehlmühlen nach neuer Art zu bauen. Marburg 1798. 8.

G. C. Müller, praktische Abhandlung vom Nivelliren oder Wasserwägen. Göttingen 1799. 8.

Jo. Pasquich, opuscula statico-mechanica, prin-

cipiis analyseos finitorum superstructa. II Vol. Lips. 1799. 8.

Th. A. Mudge, description with plates of the time-keeper. Lond. 1799. 4.

Ant. Hiltenbrand, Anfangsgründe der zur Landwirthschaft nöthigen Mechanik. Wien 1778.

J. G. Hofmann, der Wassermühlenbau. Königsb. 1800. 4.

John Banks, Abhandlung über die Mühlenwerke; a. d. Engl. vos Zimmermann. Berlin 1800. 8.

J. Chr. Eiselen, Beitrag zur Anwendung des Wassers auf unterschlächtige sogenannte Kropfräder. 2 Hefte. Berlin 1800. 1801. 8.

B. F. Mönnich, kurze Theorie und Praxis des Nivellirens. Berlin 1800. 8.

J. L. Hogrewe, praktische Anweisung zum Nivelliren oder Wasserwägen. Hannover 1800. 8.

C. F. T. v. Schad, Abbildung und Beschreibung einer von G. H. Müller erfundenen Hand-, Schrot- und Mahlmühle. Leipzig 1800. 4.

F. G. Busse, Erinnerungen gegen Karstens Theorie des Spritzenbaues; in Heidenburgs Archiv der reinen und angewandten Mathematik. Leipz. 1800. 8. Heft 11.

J. E. Silberschlags praktische Abhandlung von Prüfung und richtiger Angabe der Feuerspritzen; mit Anm. und Zusätzen von F. G. Busse. Halle 1800. 8.

Seb. de Maillard, méthode nouvelle plus courte et plus simple de traiter la mécanique. Vien. 1800. 8.

Jos. v. Baader, neue Vorschläge und Erfindungen zur Verbesserung der Wasserkünste. Baireuth 1800. 4.

J. F. C. Werneburg, neu verbesserte Theorie der Windmühlenflügel. Leipz. 1800. 8.

J. A. Eytelwein, Handbuch der Mechanik fester Körper und der Hydraulik. Berlin 1801. 8.

C. Chr. Langsdorf, Grundlehren der mechanischen Wissenschaften. Erlangen 1802. 4.

J. G. Hofmann, Anweisung zur Verzeichnung der Kämme des Räderwerks in Mühlen; ein Anhang zum Wassermühlenbau. Königsberg 1802. 8.

H. Ernst, Anweisung zum praktischen Mühlenbau oder gründliche Abhandlung zur Verfertigung des gesammten Räderwerks. 7 Theile. Leipzig 1802—1807. 8.

J. J. A. Ide, Handbuch der Mechanik. 2 Theile. Berlin 1802. 8.

L. N. M. Carnot, principes fondamenteaux de l'equilibre et du mouvement. Paris 1803. 8. — Carnot Grundsätze der Mechanik; a. d. Franz. von Weiß. Leipzig 1805. 8.

E. Nordvall, Maschinenlehre; a. d. Schwed. übers. von J. G. L. Blumhof. 2 Theile. Berlin 1804. 4.

R. Woltmann, theoretische und praktische Untersuchungen über die Wirkung der Maschinen, um augenblickliche Bewegung hervor zu bringen. Göttingen 1804. 8.

Beiträge zur Verbesserung des Mühlenbaues, zwei gekrönte Preisschriften von Meißner und Uhlhorn. Hamb. 1804. 4.

H. G. Flörke, vom Mühlenbau und Mühlenwesen. Berlin 1804. 8.

J. Schultz, Anfangsgründe der reinen Mechanik. Königsberg 1805. 8.

H. C. Brodreich, Versuch einer Theorie des Schwungrades und der Kurbel. Frankf. u. Leipz. 1805. 8.

J. A. Eytelwein, Bemerkung über die Wirkung des Stoßhebers. Berlin 1805. 4.

F. G. Busse, Betrachtung der Winterschmidt- und Gollschen Wassersäulenmaschine. Freiberg 1805. 8.

Gilly und Eytelwein, praktische Anweisung zur Wasserbaukunst. 4 Theile. Berlin 1805. 4.

L. Euler, die Gesetze des Gleichgewichts und der Be-

wegung flüssiger Körper;] übers. von H. W. Brandes. Leipzig 1806. 8.

C. Chr. Langsdorf, Handbuch der gemeinen und höhern Mechanik fester und flüssiger Körper. Heidelb. 1805 8.

Beschreibung und Abbildung des hydraulischen Widders, als beste Bewässerungsmaschine. Leipzig 1807. 8.

J. A. Eytelwein, Handbuch der Statik fester Körper, mit Rücksicht ihrer Anwendung in der Architektur. 3 Bände. Berlin 1808. 8.

F. E. Th. Funk, Beiträge zur allgemeinen Wasserbaukunst und Beschreibung der hydrometrischen Versuche. 2 Bde. Lemgo 1808. 4.

Michelotti's hydraulische Versuche; a. d. Ital. übers. von Zimmermann. Berlin 1808. 4. Das Original heißt: **F. D. Michelotti, sperimenti idraulici diretti a facilitar la prattica del misurare le acque correnti. Torin. 1767. 4.**

F. R. v. Gerstner, Abhandlung über die oberschlächtigen Wasserräder. Prag 1809. 8.

E. Neumann, der Wassermahlmühlenbau. 3 Hefte. Berlin 1810 – 1817. 4.

E. F. Wrede, Theorie des Stoßhebers, nach Maaßgabe der höhern Mechanik. Berlin 1815. 4.

J. L. Späth, über die Kröpfe der Mühlgerinne und Beschaufelung unterschlächtiger Räder. Nürnb. 1816. 8.

H. W. Brandes, Lehrbuch der Gesetze des Gleichgewichts in der Bewegung fester und flüssiger Körper. 2 Theile. Leipz. 1817. 8.

C. Chr. Langsdorf, neuere Erweiterung der mechanischen Wissenschaften, besonders zur Vervollkommnung der Maschinenlehre &c. Mannh. 1817. 8.

Seb. Maillard, vollständige Mechanik aller Gewölbe. Pesth 1817. 8. — Dessen Anleitung zu dem Entwurf und der Ausführung schiffbarer Kanäle. Pesth 1817. 8.

A. J. Lindt, Schauplatz der verbesserten Mühlenbaukunst ꝛc. 2 Bände. München 1819. Fol.

G. F. Wucherer, Lehrbuch der mechanischen Wissenschaften. Carlsruhe 1820. 8.

Betancourt, Essai sur la composition des machines. Paris 1819. 4.

J. A. Borgnis, traité complet de mécanique appliquée aux arts etc. VIII Vol. Paris 1818—19. 4.

A. J. Baumgärtner, die Mechanik in ihrer Anwendung auf Geometrie. Wien 1824. 8.

Rob. Buchanan, praktische Beiträge zur Mühlen- und Maschinenbaukunst, verbessert von Th. Tredgold, und aus dem Engl. übers. von M. H. Jacobi. Berlin 1825. 8.

Chr. Bernoulli, Betrachtungen über einige neue englische Maschinen. Basel 1825. 8.

C. Chr. Langsdorf, ausführliches System der Maschinenkunde. 2 Bände. Heidelb. 1826. 4.

John Nicholson, der praktische Mechaniker und Manufakturist; a. d. Engl. Weimar in 4 Lieferungen 1826 — 1827. 8.

IV.

Schriften über Optik.

Jo. Pisani, perspectiva. Lips. 1504. Fol. Emendata per Georg Hartmann. Norib. 1542. 4.

Vitellionis περιοπτικης libri X. Norib. 1535. Fol. Auch 1551. Fol.

Oront. Finaei, de speculo ustorio liber. Lutet. 1551. 4.

Ευκλειδου όπτικα και κατοπτρικα, Euclidis optica et catoptrica, graece cum interpr. lat. Jo. Penae. Paris 1557. 4.

Euclidis, catoptrica graece et lat. per Con. Dasypodium. Argent. 1557. 4.

Jo. Bapt. Portae, magia naturalis. Neap. 1558. Fol — Dessen de refractione opticae partes libri IX. Neap. 1593. 4.

Jo. Fleischeri, de iridibus doctrina Aristotelis et Vitellionis certa methodo comprehensa, explicata et aucta. Viteb. 1571. 8.

Alhazeni, opticae thesaurus libri VII. item Vitellionis libri X. adiectis in Alhaz. commentariis a Fried. Risnero. Bas. 1572. Fol.

Franc. Mautolyci, theoremata de lumine et umbra. Venet. 1575. 4. Auch Messin. 1613. 4. cum notis Clavii Lugd 1613 et 1617. 4.

H. F. ab Aquapendente, liber de visione, voce et auditu. 1600. Fol. Venet. 1621. Fol.

Euclidis opticae et catoptricae elementa, a Jo. Pena lat. versa. Paris 1604. 4.

Jo. Kepler, paralipomena ad Vitellionem, quibus Astronomiae pars optica traditur. Aug. Vind. 1604. 4.

Mar. Ghetaldi, de parabola et speculo ustorio. 1607. 4.

Petri Rami et Fr. Risneri, opticae libri IV. Cassel 1604. 4. Auch 1615. Und 1625. 4.

Jo. Kepler, Dioptrice. Aug. Vind. 1611. 4.

M. A. de Dominis, de radiis lucis in vitris et iride tractatus. Venet. 1611. 4.

Franc. Aquilonii, opticorum libri VI. Antv. 1613. Fol.

Rog. Baconis, perspectiva, in lucem ed. studio Jo. Combach. Francof. 1614. 4. — Dessen specula mathematica. Francof. 1614. 4.

Hieronymi Sirturi, Telescopium. Francof. 1618. 4.

Chr. Scheiner, oculus, sive fundamentum opticum ex oculi anatomia. Friburg. 1621. 4. Auch London 1652. 4.

F. Bonaventura, lo specchio ustorio. Bologn. 1632 und 1650. 4.

Jac. Gregorii, optica promota. Lond. 1633. 4.

Claud. Mydorgii, prodromus catoptricorum et dioptricorum libri IV. Paris 1641. 4.

Athan. Kircher, ars magna lucis et umbrae in X libros. Rom. 1644. Fol. et Amstel. 1679. Fol.

J. M. Marci, thaumantias liber de arcu coelesti, deque colorum natura, ortu et causis. Prag. 1648. 4.

De la Cambre, nouvelles observations et conjectures sur l'Iris. Paris 1650. 4.

Petr. Borelli, de vero telescopio inventore, cum brevi omnium conspicilliorum historia. Hagae 1655. 4.

Ren. des Cartes, Dioptrice, in Operib. philos. Amst. 1656 und 1663 und 1692. 4.

Damiani et Heliodori larisaei opticorum libri duo, graece et lat. cum notis ed. Erasm. Bartolinus. Paris 1657. 4.

Gasp. Schott, magia universalis naturae et artis. Wirceb. 1657. 4.

Is. Vossii, de lucis natura et proprietate. Amst. 1662. 4. Appendix Hag. 1666. 4.

F. M. Grimaldi, physico-mathesis de lumine et coloribus. Bonon. 1665. 4.

Rob. Boyle, experimenta et considerationes de coloribus. Lond. 1665. und Amst. 1671. 12.

Erasm. Bartholini, experimenta crystalli Islandici. Hafn. 1669. 4.

C. Cherubin, dioptrique oculaire. Paris 1671. Fol. — Dessen de la vision perfaite. Paris 1678. Fol.

Is. Barrow, lectiones opticae et geometricae etc. London 1674. 4.

Zach. Traber, nervus opticus, sive tractatus theoreticus in tres libros opticam, catoptricam et dioptricam distributus. Vien. 1675. Fol.

Jo. Zahn, oculus artificialis teledioptricus. Herbip. 1685. Fol. 2te Aufl. Norib 1702. Fol.

Christ. Hugenii, tractatus de lumine. Lugd. Bat 1691 12 — Auch Chr. Huyghens traité de la lumière. Leyde 1690. 4.

Nic. Hartsoeker, essai de Dioptrique. Paris 1694 und 1696. 4.

Dav. Gregorii, catoptricae et dioptricae sphaericae elementa. Oxon. 1695. 8.

Chr. Hugenii Dioptrica et de poliendis vitris, in dessen Oper. posth. Lugd. Bat. 1703. 4.

Isaac Newton, optiks or a treatise of the reflexions, refractions, inflexions and colours of light. Lond. 1704 4.; 1721. 4.; 1730. 8.; und II Vol. 1742. 12. — Auch lateinisch: Optice etc. ed. Sam. Clarke. Lond. 1706. 4.; 1719. 4. u. s. w. — Dessen lectiones opticae, an. 1669—1671 habitae. Lond. 1729. 4. Auch in französischer und englischer Sprache.

Rob. Smith, a complet system of optiks. II Vol. Cambridge 1738. 4. – Rob. Smith vollständiges System der Optik; a. d. Engl. übers. von A. G. Kästner. Altenburg 1755. 4.

Joh. Christ. Hertel, richtige Anweisung, reflectirende Teleskope zu verfertigen. Halle 1741. 8.

Joach. Friedr. Meyer, kurzer Unterricht von der Beschaffenheit und dem Gebrauch der Vergrößerungsgläser und Teleskope. Dresden 1742. 4.

H. Baker, the microscope made easy. London 1743. 8.

H. Baker, das zum Gebrauch leicht gemachte Mikroskop; a. d. Engl. Zürch 1753 und 1756. 8.

J. G. Zinn, descriptio anatomica oculi humani. Gotting. 1755. 4.

De la Caille, leçons élémentaires d'optique. Pa-

ris 1756. 8. Neueste Aufl. 1802. 8. — Lateinisch: lectiones elementares opticae a Ch. Scheffer. Vindob. 1757.

W. Porterfield, treatise on the eye, the manner and phenomena of vision. II Vol. Lond. 1759. 8.

J. Bischoff, neue optische Beiträge zu Vergrößerungsgläsern und Vortheilen bei Fernröhren. Ulm 1760. 8. — Dessen praktische Abhandlung der Dioptrik. Stuttgart 1772. 8.

J. H. Lambert, photometria, sive de mensura et gradibus luminis et colorum. Aug. Vind. 1760. 8.

Bouguer, essai d'optique. ed. augm. Paris 1760 4. (Aelteste Aufl. 1729. 12.)

Sam. Klingenstierna, de corrigendis aberrationibus luminis etc. Petrop. 1762. 4.

Neue Verbesserung der dioptrischen Fernröhre, erfunden von Dollond; a. d. Lat. des H. P. C. Scherfers. Leipzig 1764. 4.

R. S. Boscowich, dissertationes quinque ad dioptricam pertinentes. Vindob. 1768. 4. — Dessen Abhandlung von den verbesserten Dollondschen dioptrischen Fernröhren. 1765. 8. — Dessen opera pertinentia ad opticam et astronomiam. V Tom. Venet. 1785. 4.

G. F. Brander, Beschreibung zweier Mikroskope. Augsburg 1769. 8.

L. Euler, dioptrica. III Tom. Petrop. et Lips. 1769—1771. 4. — Dessen nova theoria lucis et colorum, in seinen Opusc. varii argumenti. Berol. 1746. 4.

J. F. Häseler, Betrachtung über das menschliche Auge. Hamburg 1771. 8. — Dessen Verbesserung der Zauberlaterne. Berlin 1779. 4. — Dessen Theorie der sphärischen gläsernen Spiegel. Münster 1775. 8.

J. H. Lambert, merkwürdigste Eigenschaften der Bahn des Lichts durch die Luft u. s. w. Berlin 1772. 8.

Jos. Harris, treatise of optiks. Lond. 1775. 4.

Jos. Priestley, the history and present state of discoveries, relating to vision, light and colours. II Vol. Lond. 1772. 4. — Priestley's Geschichte und gegenwärtiger Zustand der Optik. 2 Theile; a. d. Engl. übers. mit Anm. von G. S. Klügel. Leipz. 1776. 4.

C. Scherffer, institutionum opticarum partes IV. Vindob. 1776. 4.

J. E. B. Wideburg, Beschreibung eines verbesserten Sonnenmikroskops. Nürnb. 1775. 4. (Erste Aufl. 1758.)

Nic. Fuß, Anweisung, wie alle Arten von Fernröhren in der größten möglichen Vollkommenheit zu verfertigen sind; a. d. Französ. übers. von G. S. Klügel. Leipz. 1778. 4.

G. S. Klügel, analytische Dioptrik. 2 Thle. Leipz. 1778. 4.

J. Pringle, discourse on the improvement of the reflecting telescope. London 1778. 4.

H. W. M. Olbers, de oculi mutationibus internis. Gotting. 1780. 4.

W. F. v. Gleichen, Abhandlung vom Sonnenmikroskop. Nürnb. 1781. 4.

J. G. Büsch, tractatus duo optici argumenti. Hamb. 1783. 4.

J. H. Tiedemann, Beschreibung der von ihm verfertigten achromatischen Fernröhre. Stuttgart 1785. 8.

T. Gruber, über die Strahlenbrechung und Abprallung von erwärmten Fl[illegible] Dresden 1787. 4.

J. L. Späth, photometrische Untersuchungen über die Deutlichkeit der Beobachtung mit dioptrischen Fernröhren. Leipzig 1789. 4.

J. W. v. Göthe, Beiträge zur Optik. 2 Stücke. Weimar 1791. 1792. 8.

C. E. Wünsch, Versuche und Beobachtungen über die Farben des Lichts. Leipzig 1792. 8.

A. Burja, Anweisung zur Optik, Katoptrik und Dioptrik. Berlin 1793. 8.

G. Adams Anweisung zur Erhaltung des Gesichts und zur Kenntniß des Sehens; a. d. Engl. übers. von F. Kries. Gotha 1794. 8.

Adams, Büsch und Lichtenberg, über einige wichtige Pflichten gegen die Augen; mit Anm. herausgegeben von S. T. Sömmering. Frankf. a. M. 1794. 8.

J. G. F. Schrader, Beschreibung des Mechanismus eines 26füßigen Teleskops, ohnweit Kiel errichtet. Kiel 1794. 8.

W. Herschel, Beschreibung des 40füßigen reflektirenden Teleskops; a. d. Engl. übers. von J. G. Geißler. Leipzig 1799. 8.

E. Horn, über die Wirkung des Lichts auf den lebenden menschlichen Körper. Königsberg 1799. 8.

J. J. Engel, Versuch über das Licht. Berlin 1800. 8.

C. Chr. Laugsdorf, Grundlehren der Photometrie. 2 Abtheilungen. Erlangen 1803—1805. 8.

J. W. v. Göthe, zur Farbenlehre. Tüb. 1811. 8.

C. H. Pfaff, über Newtons Farbentheorie und von Göthe's Farbenlehre. Leipzig 1813. 8.

J. C. Winkler, das Kaleidoskop oder Beschreibung der Einrichtung desselben. Leipzig 1818. 8.

V.

Schriften über die astronomischen Wissenschaften.

Ge. Purbachii, theoricae planetarum, cura Regiomontan. Norib. 1472. 8. Ed. Reinhold. Viteb. 1542. 8. Auch Bas. 1569. 8.

Jo. Regiomontani, ephemerides. Norib. 1473. 4. — Dessen disputationes contra Gerhardi Cremonensis in Planet. theoricas deliramenta. Norib. 1473. Fol. — Dessen tabulae primi mobilis. Norib. 1475. 4. — Dessen calendarium novum ad annum 1476. Norib. 4. — Dessen problemata XXIX Saphaeae. 1534. 4. — Dessen de cometae magnitudine, longitudine etc.

Nor. 1531. und Basil. 1544. 4. — Dessen problemata astronomica ad Almagestum totum. Nor. 1541. 4. — Dessen epitome Almagesti etc. Venet. 1496. Fol. — Dessen und B. Waltheri observationes. Nor. 1544. ed. W. Snellii. Lugd. Bat. 1618. 4. — Dessen tabula directionum, profectionumque astrologiae. Norib. 1475. Fol. et Tubing. 1554. 4.

Claud. Ptolemaei, cosmographia. Arg. 1482. et Ulm 1482. Fol. — Dessen Geographia, cura S. Münster. Bas 1548. 4.

Procli, ὑποτυπωσις, seu sufformationes astron. graece cum interpr. lat. G. Vallae. Venet. 1498. Fol.

Jo. de Sacrobosco, libellus de sphaera. Antv. 1482. 8. Ed. Melanthonis. Viteb. 1540. 8.

Tabulae astronomicae Alphonsi regis. Venet. 1492 — Tabulae Alphonsinae, cura L. Gaurici. Venet. 1524. Ed. Reinholdi Tubing. 1571. 4.

Jo. Blanchini, tabulae omnium ex his quae Alphonsum sequuntur etc. Venet. 1495. 4.

Claud. Ptolemaei, magna compositio seu Almagestum, lat. vers. a G. Trapezuntio. Venet. 1515; ed. G. Gaurico. Neap. 1528. Fol.

Joh. Schoner, Conjectur bei dem Anno 1531 erschienen Cometen. Nürnb. 1531. 4. — Dessen Ephemeris ad an. 1532. Norib. 4. — Dessen tabulae resolutae auctae. Nor. 1536 4. — Dessen globi stelliferi usus et explicationes. Nor. 1533. 4. — Dessen organum uranicum et instrumentum impedimentorum lunae. Nor. 1561. Fol. — Dessen de computo eclesiastico calendarii necessario reformati. Bamb. 1522. Fol.

Rudimenta astronom. Alfragani, item Albategnii etc. Norib. 1537. 4.

Petr. Apiani, instrumentum primi mobilis. 1534. 4.

Jo. Dryander, sphaerae materialis gründliche außlegung. Marpurg 1539. 4.

Nic. Copernici, Torunensis, de revolutionibus orbium coelestium libri sex. Norib. 1543. Fol. et Basil. 1566. Fol. Ed. Mülleri. Amst. 1617. 4.

Claud. Ptolemaei, omnia quae extant opera, ed. E. O. Schreckenfuchs. Bas. 1551. Fol.

Procli, de sphaera liber; Cleomedis de mundo libri II.; et Arati phaenomena. Antverp. 1553. 8. et Basil. 1561. 8.

Erasm. Osw. Schreckenfuchs, commentarii in theoricas planetarum Purbachii. Basil. 1556. Fol.

Ptolemaei planisphaerium cum Fr. Commandini comment. Venet. 1558.

Joach. Helleri, descriptio cometae, an. 1558 observati. Norib. 1558. 4.

Erasm. Reinhold, tabulae Prutenicae. Tubing. 1571. 4.

Casp. Peuceri, hypotheses astronomicae, seu theoricae planetarum. Viteb. 1571. 4.

Chr. Heydii, descriptio mirae stellae in Cassiopeja. Nor. 1572. 4.

G. Busch, Beschreibung des Cometen vom J. 1572. Erfurt 1573. 4. — Dessen Beschreibung von den Eigenschaften des Cometen vom J. 1577. Frankf. 1577. 4.

Antolycus, de sphaera quae movetur. Romae 1587. 4. — Dessen de vario ortu et occasu astrorum inerrantium. Rom. 1588. 4.

Gemini Rhodii isagoge in phaenomena etc. interpr. Hilderico de Valer. Altorf. 1590. 8.

Chr. Clavii, in sphaeram Jo. de Sacrobosco commentarius. Lugd. Bat. 1593. 4. Rom. 1606. 4.

Jo. Stoflerini, elucidatio fabricae ususque astrolabii. Colon. 1594.

Jo. Kepleri, prodromus dissertationum cosmo-

graphicarum, cum G. J. Rhetici narratione de libris revolutionum Copernici. Tubing. 1596. 4. — Dessen phaenomenon singulare, seu Mercurius in sole. Lips. 1609. 4. — Dessen narratio de observatis a se quatuor satell. Jovis. Francof. 1611. 4. — Dessen tabulae Rudolphinae. Ulm 1627. Fol.

Tycho de Brahe, astronomiae instauratae mechanica. Wandesburgi 1598.; Norib. 1602. Fol. — Dessen astronomiae instauratae progymnasmata II Tom. Pragae 1610. 4. — Dessen de mundi aetherei recentiora phaenomena. Prag. 1610. 4. — Dessen epistolae astronomicae. Uranib. 1610. 4. — Dessen historiae coelestis partes duae. Vien. 1668. Fol. — Dessen contemplatio mathem. stellae novae etc. Hafniae 1573. 4.

Jo. Bayer, uranometria, omnium asterismorum continens schemata. Aug. Vind. 1603. 4.; Ulmae 1639 4.; Francof. 1640. 4.

Jo. Kepler, physica coelestis etc., seu astronomia nova. Prag 1609. Fol. — Dessen Bericht von dem Kometen 1607. Halle 1608. — Dessen epitome astronomiae Copernicae. Francof. 1618 und 1635. 8. — Dessen Tabulae Rudolphinae. Ulm. 1627. Fol. — Dessen de Cometis libri tres. Aug. Vind. 1619. 4. — Dessen harmonices mundi libri V. Lincii 1619. Fol. — Dessen somnium de astronomia lunari. Francof. 1634. et Sagan 1634. 4.

Mich. Moestlini, epitome astronomiae. Tubing. 1610. 8.

Gal. Galilei, nuncius sidereus etc. Francof. 1610 8. — Dessen Systema cosmicum, dialogis IV. de Ptolemaico et Copernico systematibus. Bonon. 1656. 4. — Ed. Bernegger Amstel. 1637. 4.; Lond. 1663. 8.

Jo. Fabricii, de maculis in sole observatis et apparente earum cum sole conversione. Viteb. 1611. 4.

Chr. Scheiner, tres epistolae de maculis solaribus. Aug. Vind. 1612. — Dessen rosa ursina etc. Rom. 1626. Fol. — Dessen de refractionibus coelest. Ingolst. 1615. 4. — Dessen sol ellipticus. Aug. Vind. 1615. 4.

Sim. Marii, mundus Jovialis anno 1609. detectus. Norib. 1614. 4.

W. Snellii, Eratosthenes Batavus, de terrae ambitus etc. Leyde 1617. 4.

Procli opuscula, graece et lat. Lugd. Bat. 1617. 8.

Observationes astronomicae Hassiacae, una cum observat. Regiomontani et Waltheri Norimbergae etc. ed. a W. Snellio. Lugd. Bat. 1618. 4.

Schiller, coelum stellatum christianum. Aug. Vind. 1627. Fol.

Dion. Petavii, uranologium. Paris 1630. Fol. — Dessen opus de doctrina temporum. II Tom. Paris 1627. Fol.

Petr. Gassendi, Mercurius in sole visus, et Venus invisa. Paris 1631. 4. — Dessen opera. VI Tom. Paris 1658. Fol. — Dessen institutio astronomica. Paris 1647. 4.

A. Trew, astronomiae pars sphaerica. Norib. 1637. 8. — Dessen kurze Verfassung der ganzen Sternkunst. Altdorf 1660. 4.

Christ. Longomontani, astronomia danica. Amstel. 1640. Fol.

A. M. Sch. de Rheita, oculus Eunochi et Eliae, sive radius sidereo-mysticus. Antv. 1645. Fol.

Mahom. Albategni, liber de scientia stellarum; ed. Regiomontani. Bonon. 1645. 4.

Franc. Fontanae, novae coelestium terrestriumque rerum observationes. Neap. 1646. 4.

Jo. Hevelii, selenographia. Gedani 1647. Fol. — Dessen cometographia. Gedani 1668. Fol. — Des-

sen prodromus cometicus. Ged. 1665. Fol. — Dessen machina coelestis. Ged. 1673. Fol. — Dessen annus climacterius. Ged. 1685. Fol. — Dessen firmamentum Sobiesciacum. Ged. 1690. Fol. — Dessen prodromus astronomiae. Ged. 1690. Fol.

J. B. Riccioli, almagestum novum. Bonon. 1651 Fol. — Dessen Astronomia reformata. Bon. 1665. Fol.

Jos. Blancanus, de sphaera mundi. Mutin. 1653. Fol.

M. Manilii, astronomicon, a Jos. Scalingero etc. Argent. 1655. 4.

Jac. Billy, tabulae de doctrina eclips. Divion. 1656. 4. — Dessen opus astronomicum. Div. 1661. 4.

Anath. Kircher, iter coeleste. Rom. 1657. 4. ed. G. Schotti. Wirceb. 1671. 4.

Jo. Newton, astronomia Britannica. London 1657. 4.

Chr. Hugenii, systema Saturnium. Hagae 1659. 4. — Dessen cosmotheoros s. de terris coelestibus conjuncturae. — Dessen opera astronomica; ed. s'-Gravesande. III Tom. Lugd. Bat. 1728. 4.

Stan. Lubienietz, theatrum cometicum. III Vol. Lugd. Bat. 1661. Fol.

Thom. Street, astronomia Carolina, seu nova theoria motuum coelestium. Lond. 1661. 4.

Mutoli (eigentlich G. A. Borelli) del movimento della cometa da 1664. Pisa 1665. 4.

Thom. Hyde, tabulae longit. et latit. stellarum fixarum ex observ. Ulugh Beigh et Muhammed Tixini etc. Oxon. 1665. 4.

Domin. Cassini, opera astronomica. Romae 1666. Fol.

V. Wing, astronomia Britannica. Lond. 1669. Fol.

J. C. Sturm, scientia cosmica, seu tabulae astronomicae. Norib. 1670. 5te Aufl. 1719. Fol.

G. Schickardus, historia coelestis. Ratisb. 1672. Fol.

Rob. Hook, animadversions on the first part of the machina coelestis, of J. Hevelius. Lond. 1674.

Nic. Mercatoris, institutiones astronomicae. Lond. 1676 8.

Edm. Halley, catalogus stellarum australium. Lond. 1679. 4. — Dessen tabulae astronomicae. Lond. 1749. 4.

Dörfels astronomische Betrachtung des großen Cometen vom Jahr 1680 u. 1681.

Jac. Bernoulli, conamen novi systematis cometarum. Amst. 1682. 8.

Phil. de la Hire, tabulae astronomicae. Paris 1687. und 1727. 4. — Dessen tabulae astron. Paris 1702. 4. Deutsch von Klimm. Nürnberg 1725 und 1780. Fol.

Erh. Weigelii, sphaerica. Jen. 1688.

Jo. Chr. Mülleri, observatio transitus Mercurii sub sole. Vienn. 1697. 4.

W. Schickardi, astroscopium. Lips. 1698. 12.

Nicl. Bion, usage des globes célestes et terrestres. Paris 1699. 12. — Dessen traité de la construction des instrumens de mathematique. Paris 1709. 8. — Dessen mathematische Werkschule; übers. und vermehrt von Doppelmayr. Nürnberg 1712. 4. Auch 1765. 4. — Dessen vom Gebrauch der Globen; übers. von Berger. Lemgo 1736. 8.

Dav. Gregorii, astronomiae physicae et geometricae elementa. Oxon. 1702. Fol. Lugd. Bat. 1726. 4.

G. Whiston, praelectiones astronomicae. Cantab. 1707. 8.

Ph. Villemot, nouveau system du movement des planètes. Lyon 1707. 12.

Jo. Flamsteedii, historia coelestis. London

1712. Fol. und III Vol. 1723. Fol. — Dessen Atlas coelestis. London 1729. Fol.

Jo. Poleni, de vorticibus coel. dialogus etc. Patav. 1712. 4.

J. C. Rost, astronomisches Handbuch. Nürnberg 1718. 4. Neue Aufl. von Kordenbusch. 4 Bände. 1771. 4.

J. Bayer, Erklärung der Buchstaben und Zeichen seiner Uranometrie. Ulm 1720. 4.

C. A. Hausen, theoria motus solis circa proprium axem. Lips. 1726.

Petr. Horrebow, Copernicus triumphans etc. Hafn. 1727. 4. — Dessen basis astronomiae etc. Hafn. 1735. Fol.

F. Bianchini, hesperi nova phaenomena. Rom. 1728. Fol. — Dessen astronomicae observat. selectae etc. Veron. 1737. Fol.

Is. Newton, de mundi systemate. Lond. 1728. 4.

Harris, astronomical dialogues etc. Lond. 1729. 1745. 8.

Jaq. Cassini, ouvrages d'Astronomie. Amst. 1731. 4. — Dessen tabulae astronomicae. Paris 1740. 4. — Dessen élémens d'Astronomie. II Vol. Paris 1740. 4.

B. de Fontenelle, entretien sur la pluralité des mondes. Haye 1733 und 1745. 12. — Dessen Dialogen über die Mehrheit der Welten, übers. von Mylius, mit Zusätzen von Bode. Berlin 1789. 8.

Mich. Adelburner, die vornehmsten Wahrheiten der Astronomie ꝛc. Nürnb. 1763 — 1740.

De la Pluche, Historie des Himmels: a. d. Französ. übers. 2 Theile. Dresden 1740.

J. F. Weidleri, historia astronomiae. Wittenb. 1741. 4. — Dessen de mechanica astronomia medii aevi. Witt. 1742. 4. — Dessen institutiones astronomiae etc. Witt. 1754. 4.

Le Monnier, histoire céleste. Par. 1741. 4.

Jo Gabr. Doppelmayr, atlas novus coelestis. Norib. 1742. Fol.

L. Euler, theoria motuum planetarum et cometarum. Berol. 1744. 4. — Dessen theoria motus lunae etc. Petrop. 1753. 4. — Dessen theoria motuum lunae nova methodo etc. ed. J. A. Euler, W. L. Krafft et J. A. Lexell. Petrop. 1772. 4. — Dessen Theorie der Bewegung der Planeten und Kometen; übers. von Freih. v. Pacassi. Wien 1781. 4.

J. J. Marinoni, de astronomica specula domestica et organico apparatu astronomico. Vien. 1744. Fol.

B. Ch. B. Wiedeburg, Einleitung zur Astrognosie. Jena 1745. 8. — Dessen de parallaxi orbis annui. Jen. 1774. 4.

De la Caille, leçons d'astronomie. Paris 1746. 4. 4te Aufl. von de la Lande. 1780. 4. — Dessen Fundamenta astronomiae. Paris 1758. 4.

Thom. Wright, new theorie of the universe. Lond. 1750. 8.

Joh. Lulof, Einleitung zur mathematischen und physikalischen Kenntniß der Erdkugel; a. d. Holländ. übers. von A. G. Kästner. Gött. 1755. 4.

Observationes astronomiae ab 1717—1752. a patribus soc. Jesu Pekini Sinarum factae et ed. a P. Max. Hell. Viennae 1757. 4.

Th. Barker, account of the discoveries concerning comets. London 1757. 4.

Ephemerides astronomicae ad meridianum Viennens. Vienn. 8. Seit 1757 von Max Hell angefangen, und von Triesnecker und Bürg fortgesetzt.

J. H. Lambert, propriétés de la route de la lumière par les airs. Haye 1758.

Jo. Alb. Euler, meditationes de motu vertiginis planetarum. Petr. 1760. 4.

J. H. Lambert, kosmologische Briefe über die Einrichtung des Weltbaues. Augsb. 1761. 8. — Dessen Beschreibung einer neuen und allgemeinen ecliptischen Tafel. Berlin 1765. 8.

G. Chr. Reccard, Abhandlung von der großen Sonnenfinsterniß im J. 1763. 4.

De la Lande, Astronomie. II Vol. Paris 1764. 4. Nouv. ed. 1792. 4. — Dessen histoire céleste. Paris 1801. 4. — Dessen bibliographie astronomique. Paris 1803. 4.

N. Schmidt, von den Weltkörpern. Hannover 1766. 8. Dritte Aufl. Leipzig 1789. 8.

L. H. Röhl, Einleitung in die astronomischen Wissenschaften. 2 Theile. Greifswalde 1768. 8.

G. Adams, treatise describing the construction and explaining the use of new celest. et terrestr. globes. ed. sec. London 1769. 8.

Einleitung zur Kenntniß und zum Gebrauch der Erd- und Himmelskugeln. Nürnb. 1769. 4. Neue Aufl. von J. W. Müller. 1801. 8.

J. E. Bode, Abhandlung vom Durchgang der Venus durch die Sonne. Berlin 1770. 8. — Dessen Anleitung zur Kenntniß des gestirnten Himmels. 2 Theile. Berlin 1775. 8.; 8te Aufl. 1806. 8. — Dessen astronomische Jahrbücher von 1776 bis 1823. 54 Bände. — Dessen Erläuterung der Sternkunde. Berl. 1778. 8.; 3te Aufl. 2 Theile 1808. 8. — Dessen Vorstellung der Gestirne auf 34 Tafeln rc. Berl. 1782. 4.; neue Aufl. 1805. 8. — Dessen allgemeine Betrachtung über das Weltgebäude. 3te Aufl. Berlin 1808. 8. u. s. w.

Jean Bernoulli, recueil pour les Astronomes. III Vol. Berlin 1771. 8. — Dessen lettres astronomiques. Berlin 1771. 8.

Tob. Mayer, tabulae motuum solis et lunae. Lond. 1770. 4. — Dessen tabulae lunares novae et cor-

rectae, cura Hell et Pilgram. Vienn. 1771. 4. — Dessen Opera inedita, a Ge. Chr. Lichtenberg. Gotting. 1774. 4.

G. F. v. Tempelhoff, genaue Berechnungen der Sonnenfinsternisse und Bedeckungen der Fixsterne durch den Mond. Berlin 1772. 8.

A. G. Kästner, astronomische Abhandlungen. 2 Samml. Gött. 1772 — 1774. 8.

J. A. v. Segner, astronomische Vorlesungen. 2 Thle. Halle 1775. 4.

Sammlung astronomischer Tafeln, unter der Aufsicht der königl. Gesellsch. d. Wissenschaften. 3 Bände. Berl. 1776. 8.

J. H. Helmuth, erste Gründe der Sternwissenschaft. Braunsch. 1778. 8.

C. Scherffer, institutiones astronomiae theor. Vienn. 1778. 8.

J. E. Scheibel, Unterricht zum Gebrauch der künstlichen Himmels = und Erdkugeln. 2 Theile. Breslau 1779. 1785. 8. — Dessen astronomische Bibliographie. 4 Abth. Breslau 1784 — 1789. 8.

G. H. Martini, von den Sonnenuhren der Alten. Leipz. 1777. 8.

H. Bailly, Geschichte der Sternkunde des Alterthums. 2 Theile. Leipzig 1777. 8. — Dessen Geschichte der neuern Astronomie. 2 Theile. Leipzig 1796. 8.

C. F. Wünsch, kosmologische Unterhaltungen für Freunde der Naturkenntniß. 2 Bände. Leipzig 1778 u. 1791. 8. — Dessen Lucifer, ein Anhang zu den kosmologischen Unterhaltungen. Leipz. 1802. 8.

J. v. Pacassi, Theorie der Planeten und Kometen. Wien 1781. 4. — Dessen Einleitung in die Theorie des Mondes. Wien 1783. 4.

W. Herschel, on the parallaxe of the fixed stars and catalogue of double stars. London 1782. 8. — Dessen über den Bau des Himmels. Königsb. 1791. 8.

Jac. Ferguson, Astronomie nach Newtons Grundsätzen, übers. von Kirchhof. 2 Theile. Berlin 1783. 8.

P. S. la Place, théorie du mouvement et de la figure elliptique des planètes. Paris 1784. 4. — Dessen mécanique celeste. II Vol. Paris 1800. 4. — Dessen Mechanik des Himmels; übers. von J. C. Burkhard. 2 Bände. Berlin 1800 u. 1802. 4. — Dessen exposition du système du monde. 1 Tom. Paris 1808. 8. 4te Aufl. 1817. 8. — Dessen Darstellung des Weltsystems; übers. von J. C. F. Hauff. 2 Bände. Frankf. a. M. 1797. 8.

J. E. Bode, Abhandlung von dem neuen Planen Uranus. Berlin 1784. 8. — Dessen von dem neuen zwischen Mars und Jupiter entdeckten Planeten. Berlin 1802. 8.

G. F. Rösler, Handbuch der praktischen Astronomie. 2 Theile. Tüb. 1788. 8.

Joh. Hieron. Schröter, Beiträge zu den neuesten astronomischen Entdeckungen. 3 Bände. Berl. 1788 — 1800. 8. Dessen selenotopographische Fragmente zur genauern Kenntniß der Mondfläche. 2 Bände. Göttingen 1791 und 1802. 4. — Dessen aphroditographische Fragmente zur genauern Kenntniß des Planeten Venus. Gött. 1794. 4. — Dessen hermographische Fragmente zur genauern Kenntniß des Merkurs. Gött. 1816. 8. — Dessen kronographische Fragmente zur genauern Kenntniß des Merkurs. Göttingen 1808. 8. — Dessen Beobachtungen über die Sonnenfackeln und Sonnenflecken. Erf. 1792. 4. — Dessen Beobachtungen über die Gebirge und Rotation der Venus. Erf. 1793. 4. — Dessen Lilienthalsche Beobachtung der neuen Planeten Ceres, Pallas und Juno. Gött. 1805. 8. — Dessen Beobachtungen des großen Kometen von 1811. Gött. 1815. 8.

F. C. Müller, Tafeln der Sonnenhöhen für Deutschland. Leipzig 1791. 8.

J. F. Wurm, Geschichte des neuen Planeten Uranus.

Gotha 1791. 8. — Dessen praktische Anleitung zur Parallaxenberechnung. Tüb. 1804. 8.

H. Englefield, on the determination of the orbits of comets, accord to the method of de la Place and Boscowich. London 1793. 4.

Dion. de Sejour, analytische Abhandlung von den Sonnenfinsternissen rc. übersetzt von J. E. Scheibel. Bresau 1793. 8.

J. G. F. Bohnenberger, Anleitung zur geographischen Ortsbestimmung rc. Gött. 1795. 8.

A. G. Kästner, weitere Ausführung der mathematischen Geographie rc. Gött. 1795. 8.

F. W. V. Lach, Anleitung zur Kenntniß der Sternnamen rc. Leipzig 1796. 8.

C. F. Parrot, Einleitung in die Astronomie und Geographie. Hof 1797. 8.

W. Olbers, Abhandlung über die leichteste und bequemste Methode zur Berechnung der Bahn eines Kometen. Weimar 1797. 8.

F. Th. Schubert, theoretische Astronomie. 3 Thle. Riga 1798. 4. — Dessen populäre Astronomie. Petersb. 1804. 8.

Kramp, analyse des réfractions astronomiques et terrestres. Leipz. 1799. 4.

J. Kautsch, Sonnen- und Mondfinsternisse rc. Petersb. 1800. 8.

J. J. A. Ide, Théorie der Bewegungen der Weltkörper unseres Sonnensystems. Berlin 1800. 8.

L. Ideler, historische Untersuchung über die astronomischen Beobachtungen der Alten. Berlin 1806. 8. — Dessen Untersuchungen über den Ursprung und die Bedeutung der Sternnamen. Berlin 1809. 8.

F. de Zach, tabulae speciales aberrationis et nutationis etc. cum 494 stellarum zodiacalium catalogo novo. II Vol. Gothae 1806 und 1807. 4. — Dessen tabulae motuum solis novae correctae, atque fixarum praecipuarum catalogus novus. Gothae 1792 und 1804. 4.

J. W. Pfaff, astronomische Beiträge. 3 Hefte. Riga 1806. 8.

Tables astronomiques etc. par Bürg. Paris 1806. 4.

Joh. Schulz, populäre Anfangsgründe der Astronomie. Königsb. 1806. 8.

A. G. Walch, ausführliche mathematische Geographie. 3te Aufl. Gött. 1807. 8.

G. U. A. Vieth, astronomische Unterhaltungen für die Jugend. Leipz. 1808. 8.

C. F. Gauſs, theoria motus corporum coelestium in sectionibus conicis solem ambientium. Hamb. 1809. 4. — Dessen determinatio attractionis, quam exerceret planeta si ejus massa per totam orbitam, ratione temporis uniformiter esset dispertita. Gott. 1819. 4.

F. W. Bessel, Untersuchungen über die scheinbare und wahre Bahn des 1807 erschienenen großen Kometen. Königsb. 1810. 4. — Dessen Untersuchung der Größe des Vorrückens der Nachtgleichen. Berl. 1815. 4. — Dessen astronomische Beobachtungen auf der Sternwarte zu Königsberg ꝛc. Königsb. 1816 — 1818. Fol. — Dessen fundamenta astronomiae etc. Königsb. 1818. Fol.

J. H. Voigt, kosmographische Entwickelung der vornehmsten Begriffe zur Benutzung der künstlichen Himmels- und Erdkugeln. Weimar 1810. 8.

Hardings Himmelsatlas. Gött. 1810. Fol.

J. G. F. Bohnenbergers Astronomie. Tüb. 1811. 8.

A. H. C. Gelpke, Darstellung der Oberflächen der

Weltkörper unseres Sonnengebiets, ihres Naturbaues rc. Leipzig 1811. 4. — Dessen allgemein faßliche Betrachtungen über das Weltgebäude. 3te Aufl. Hannover 1825. 8.

K. H. Nicolai, Wegweiser durch den Sternenhimmel. 2 Theile. Berl. 1812. 8. 2te Aufl. 1820. 8.

J. H. E. Nachersberg, allgemeiner Sternkalender. Breslau 1816. 8.

H. W. Brandes, die vornehmsten Lehren der Astronomie, in Briefen. 4 Theile. Leipzig 1811 — 1816. 8.

K. J. E. Müller, Astronomie für Volksschulen. Altona 1817. 8. — Dessen Beschreibung des Saturnsringes. Altona 1819. 8.

J. B. Mollweide, kurzgefaßte Beschreibung und Anweisung zum Gebrauch der Globen. Leipzig 1818. 8.

J. L. Späth, über die Entstehung und Ausbildung des Sternenhimmels. Nürnb. 1818. 8.

J. G. Sommer, Gemälde der physischen Welt oder unterhaltende Darstellung der Himmels- und Erdkunde. Prag 1819. 8. — Dessen, das Weltgebäude. Prag 1819. 8.

Zuylen de Nyevelt, l'attraction détruite par le mouvement primordial, ou théorie nouvelle du cours des corps célestes et du mouvement. Brux. 1820. 8.

F. K. L. Sickler, Auflösung der Hieroglyphen in dem Thierkreise von Tentyra. Hildburgh. 1820. 4.

C. W. Muncke, Anfangsgründe der mathematischen und physikalischen Geographie. Heidelb. 1820. 8.

J. J. Littrow, Darstellung der merkwürdigen Sonnenfinsterniß des 7ten Sept. 1820 für die vorzüglichsten Städte Deutschlands. Pesth 1820. 8. — Dessen populäre Astronomie. 2 Bände. Wien 1825. 8. — Dessen Annalen der k. k. Sternwarte in Wien. 4 Theile. Wien 1824. Fol.

J. B. Biot, physische Astronomie; a. d. Franz. Leipzig 1821. 8.

Piazzi, Lehrbuch der Astronomie; a. d. Italien. übers. von J. H. Westphal. 2 Bände. 1822. 8.

H. C. Schumacher, astronomische Nachrichten. 3 Bde. Hamb. 1824. 8.

* * *

Die Schriften über Geschichte der Mathematik und noch einige andere hierher gehörende literarische Gegenstände sind in der Vorrede aufgeführt worden.





3 1/3 %.

